Aus der Konservierenden Abteilung (Leiter: Prof. Dr. A. Kröncke)
des Zahnärztlichen Institutes der Universität Tübingen
Direktor: Professor Dr. Dr. E. Fröhlich

Kariesanfälligkeitsteste

Der FOSDICK-Test im Vergleich zum SNYDER-Test und zur Pufferkapazität des Speichels

Inaugural-Dissertation

zur
Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde
einer
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von

Horst-Ingo-Offenloch

aus Stuttgart

8041

Aus der Konservierenden Abteilung (Leiter: Prof.Dr. A. Kröncke)
des Zahnärztlichen Institutes der Universität Tübingen
(Direktor: Professor Dr.Dr. E. Fröhlich)

KARIESANFÄLLIGKEITSTESTE

Der FOSDICK-Test im Vergleich zum SNYDER-Test und zur Pufferkapazität des Speichels

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
Horst-Ingo-Offenloch
aus Stuttgart

Dekan: Professor Dr. H. Harms

Referent: Professor Dr. A. Kröncke

Korreferent: Professor Dr.Dr. E. Fröhlich

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

MEINER BRAUT
und
MEINEN ELTERN

Inhaltsübersicht

		Seite
I.	Einleitung und Problemstellung	1
II.	Der SNYDER-Test	4
III.	Der Pufferkapazitäts-Test	6
IV.	Der FOSDICK-Test	10
V.	Material und Methodik	16
	a) Patienten	16
	b) die Speichelprobe	18
	c) experimentelle Methoden	18
	d) statistische Fehlerberechnung	26
VI.	Ergebnisse	27
VII.	Diskussion der Ergebnisse	52
VIII.	Zusammenfassung	56
IX.	Literaturverzeichnis	59

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

I. Einleitung und Problemstellung

Seit Menschen die Erde bevölkern, kennt man die Zahnkaries. Schädelfunde zeigen jedoch, daß sie in der Frühzeit eine seltene Erkrankung war (EULER, 1939). Heute hat sie sich auf 96 - 100 % der zivilisierten Bevölkerung ausgedehnt. Dies ist ein Verbreitungsgrad, der vom Zahnarzt nicht nur eine Sanierung, sondern auch eine individuelle und gezielte Prophylaxe fordert.

Da im Leben eines Menschen Zeiten hoher Kariesanfälligkeit mit solchen absoluter Resistenz wechseln können, darf sich eine Vorhersage über den weiteren Kariesverlauf nicht nur auf das einmalige klinische Bild stützen (Kariesindices). Dagegen können Stoffwechselvorgänge und sonstige biochemische Kennzeichen zur Beurteilung der jeweiligen Kariesanfälligkeit herangezogen werden (KRÖNCKE und NAUJOKS, 1954).

Die Kariesforschung ist deshalb schon lange bemüht, an Hand stichhaltiger Kariesanfälligkeitsteste die wirkliche Kariesdisposition festzustellen. Bei diesen Testen wird aus bestimmten Eigenschaften des Speichels auf den Grad der Kariesanfälligkeit geschlossen. Nach LAMMERS (1956) liegt ihre Bedeutung vor allem darin, daß sie kariesfördernde und karieshemmende Faktoren innerhalb kurzer Zeit objektivieren. Derartige Testverfahren können deshalb eine geeignete Grundlage für die kontrollierte Kariesprophylaxe darstellen.

Die wichtigsten Kariesanfälligkeitsteste lassen sich folgendermaßen einteilen:

1. Kohlenhydratabbau im Speichel:

BRAMSTEDT und VONDERLINN (1952) sowie KRÖNCKE und NAUJOKS (1954) empfahlen auf Grund biochemischer Speicheluntersuchungen die Speichelatmung als Kariesanfälligkeitstest. Bei ihren Versuchen

zeigte sich, daß die Sauerstoffaufnahme als Maß für den Kohlenhydratabbau gewertet werden kann und deutliche Unterschiede zwischen kariesanfälligen und kariesresistenten Personen aufweist (EGGERS-LURA, 1956; KOTHE und SCHÜTZMANNSKY, 1957 und 1959; NEUHAUS, 1961; MEISSNER, 1961; HOFMANN, 1962).

Die Bedeutung und die Grenzen dieses Testes wurden von KRÖNCKE (1959) beschrieben.

2. Fermentaktivitäten im Speichel:

Von FLORESTANO, FABER und JAMES (1941), TURNER und CRANE (1944), SULLIVAN und STORVICK (1950), sowie auch von TURNER, ANDERS und BECKER (1957) wurde die Amylaseaktivität im Speichel untersucht. Nach ihren Ergebnissen sollen direkte Beziehungen zwischen dieser und der menschlichen Kariesanfälligkeit bestehen; d.h. je langsamer die Stärke im menschlichen Speichel abgebaut wird, um so größer ist die Kariesdisposition. Andere, so vor allem auch KRÖNCKE und LÄSSIG (1961) konnten die Richtigkeit dieser Auffassung nicht bestätigen.

3. Säureentwicklung in einem Speichel-Zucker-Gemisch:

a) FOSDICK-Test. Er beruht auf der Säureentwicklung in einem Speichel-Glucose-Gemisch, dem pulverisierter Schmelz zugesetzt ist. Die Auflösung des Schmelzes wird an Hand der Differenz zweier Calcium-Bestimmungen durchgeführt. Die erste Ca-Bestimmung wird im Reizspeichel ohne Zusätze vorgenommen, die zweite nachdem das Speichel-Glucose-Gemisch 18 Stunden im Wasserbad von 37,5°C geschüttelt wurde.

b) Test nach WACH und Mitarbeiter (1943). Dieser Test beruht auf ähnlicher Grundlage wie der FOSDICK-Test. Die Kariesanfälligkeit wird hier durch eine pH-Bestimmung des Speichels festgelegt.

4. Bakteriologische Untersuchungen:

Bei diesen Testverfahren werden entweder die säureproduzierenden

Bakterien einer Speichelprobe in Ausstrichkulturen ausgezählt, oder die von den Keimen des Speichels gebildete Säuremenge wird unter definierten Bedingungen bestimmt.

a) Lactobazillentest von HADLEY (1933)

b) SNYDER-Test (1940), näheres siehe unter II.

c) Test nach DAVIES und Mitarbeiter (1948)

d) Lactobazillentest von HARTLESS (195o)

e) SL-Test nach ROGOSA und Mitarbeiter (1951)

5. Physikalisch-chemische Methoden:

a) Bestimmung der Speichelmenge und der Viskosität. (RATHJE und FRÖHLICH, 1949; HEIN, 1953; ROST, 1955; BUHS, 1959 und STEMMLER, 1959).
Das Prinzip ist folgendes: Wird ein gewisses Optimum der Speichelmenge über- oder unterschritten, so besteht die Gefahr erhöhter Kariesanfälligkeit.
RATHJE und FRÖHLICH fanden außerdem, je visköser der Speichel, um so größer auch die Kariesanfälligkeit.

b) Bestimmung der Pufferkapazität. Sie bezieht sich auf die Pufferung 1 ml Speichels gegenüber Basen und Säuren unter definierten Bedingungen.

Diese Aufzählung zeigt eine Auswahl verschiedener Möglichkeiten, die Kariesanfälligkeit durch Laborteste zu bestimmen. Der Wert dieser Versuche und deren Stichhaltigkeit ist nicht ohne weiteres erkennbar. Dies zu beurteilen erfordert praktisch, verschiedene Testverfahren an gleichen Probanden durchzuführen.

Aus diesem Grunde sollen in den folgenden Untersuchungen zwei Kariesanfälligkeitsteste auf der Grundlage der Säurebildung mit der Pufferkapazität des Speichels verglichen werden. Wir gehen dabei von der Feststellung aus, daß die Bestimmung der Pufferkapazität

des Speichels als zuverlässigster Kariesanfälligkeitstest erkannt worden ist (ERICSSON, 1959; KRÖNCKE, 1961). Weiter soll festgestellt werden, welcher dieser drei Teste auf Grund seiner Ergebnisse und seines Aufwandes dem Praktiker für die Durchführung einer gezielten Prophylaxe empfohlen werden kann.

II. Der SNYDER - Test

Seit MILLER (1889) seine chemisch-parasitäre Theorie der Zahnkaries aufstellte, standen die azidogenen Bakterien immer mehr im Mittelpunkt des Interesses. Wo und wann sie aber angreifen, darüber entstanden heftige Diskussionen.

MILLER glaubte, daß der Schmelz vor allem durch die Gährungssäuren (spez. Milchsäure), angegriffen und entkalkt würde, während die Bakterien mehr im Dentin wirkten. Als dann BUNTING und PALMERLEE (1925) feststellten, daß die Anzahl der azidophilen Lactobazillen proportional zur Kariesanfälligkeit wächst, lag die Hypothese einer spezifischen Infektionskrankheit nahe. Inzwischen ist aber diese Ansicht mit Sicherheit widerlegt (KEYES u.a., 1932).

Die Untersuchungen von BUNTING und PALMERLEE konnte u.a. auch SNYDER (1940) bestätigen, als er zum ersten Mal seine vereinfachte Untersuchungsmethode veröffentlichte. Diese wurde auf zwei wichtigen Erkenntnissen aufgebaut. Einmal setzt bei einem pH-Wert von 5,0 die Entkalkung des Schmelzes ein, und zum andern können die Lactobazillen diesen Säuregrad nicht nur produzieren, sondern sie vermehren sich auch am besten unter diesen Bedingungen.

SNYDER stellte deshalb einen Nährboden mit einem pH von 5,0 zusammen, der Bromkresolgrün als Indikator enthält, um die Änderung

des pH auf Grund entstandener Säure feststellen zu können. Da dieser Test die Säurebildung der gesamten, gemischten Speichelflora angibt, wurden Versuche gemacht, den Einfluß verschiedener Mundbakterien auf die Säureproduktion im SNYDER-Agar zu prüfen. Dabei beobachteten FOSDICK, HANSEN und EPPLE (1937), daß die Säurebildung bei einer Mischkultur aus Hefebakterien und Lactobazillen größer ist, als wenn beide in Reinkultur gezüchtet werden. Als weiteres Ergebnis stellten sie fest, daß nur die Lactobazillen innerhalb 24 Stunden einen Farbumschlag bewirken können; nach 48 Stunden zeigten einige Staphylokokkenarten eine für den Farbwechsel ausreichende Säurebildung im Testmedium. Kombinationen ohne Lactobazillen verursachten innerhalb von 24 Stunden keinen Farbumschlag. Daraus kann gefolgert werden, daß der positive Farbwechsel innerhalb von 24 - 48 Stunden im wesentlichen durch die Lactobazillen hervorgerufen wird.

Mehrere Autoren versuchten nun, die positiven Ergebnisse SNYDERS zu reproduzieren. BOYD, WESSELS und CHEYNE (1940) gelang dies aber nicht. SULLIVAN und STORVICK (1950) untersuchten 555 Kinder und 574 Studenten. Sie verglichen dabei mehrere Kariesanfälligkeitsteste. Positive Korrelationen fanden sie aber nur zwischen pH-Wert, Pufferkapazität und Ammoniakgehalt des Speichels, nicht aber zum Lactobazillentest, SNYDER-Test und zur Amylase-Aktivität.

Als dann GUSTAFSSON (1952) seine Vipeholm-Untersuchungen veröffentlichte, wurden die Ergebnisse SNYDERS erheblich in Frage gestellt, da Lactobazillenzahl und SNYDER-Test in direktem Verhältnis zueinander stehen. GUSTAFSSON untersuchte nahezu 700 Personen fast fünf Jahre lang, konnte aber keine eindeutigen Beziehungen zwischen Karies und Lactobazillenzahl feststellen. Bei absolut kariesresistenten Personen beobachtete er verschiedentlich sehr hohe Lactobazillenwerte.

Im Jahre 1960 widerrief SNYDER zusammen mit GARDNER seine früheren Ergebnisse, da eine Prognose der Kariesaktivität mit Hilfe seines und des Lactobazillentestes nicht sicher genug möglich ist.

NEUHAUS (1961) verglich den SNYDER-Test mit der Atmung des menschlichen Speichels. Nach ihren Untersuchungen verteilen sich die Ergebnisse des SNYDER-Testes ohne erkennbare Gesetzmäßigkeit über kariesresistente und kariesanfällige Personen. Ein Vergleich der beiden Testverfahren miteinander zeigte keine Übereinstimmung.

Auch MAUCH (1962), der die Säureentwicklung des Speichels mit Hilfe des RICKLES-Testes untersuchte, konnte ebenfalls mit dem SNYDER-Test keine sicheren Schlüsse auf die Kariesaktivität ziehen.

Nach diesen Untersuchungen kann man mit genügender Sicherheit sagen, daß der SNYDER-Test für die Prognose: Kariesanfälligkeit nicht zu gebrauchen ist. Dagegen hat er nach LUNDQVIST (1952) eine gewisse Bedeutung für die Beurteilung kariesprophylaktisch wirksamer kohlenhydratarmer Nahrung.

III. Der Pufferkapazitäts-Test

Die Bestimmung der Pufferkapazität zeigt an, wieviel Säure oder Lauge der Speichel aufnehmen kann, ohne seinen pH-Wert zu ändern.

Dabei sind im Speichel dieselben biologischen Puffersysteme wirksam wie im Blut, vor allem also

1. das Karbonat-Bikarbonat-Puffer-System: HCO_3 und $NaHCO_3$,
2. das Phosphatpuffer-System: $NaHPO_4$ und Na_2HPO_4,
3. das Eiweißpuffer-System

Im Blut ist die Bikarbonatpufferung am wichtigsten, da der Bikarbonatgehalt durch die "Alkalireserve" jederzeit erhöht werden kann (SCHNEIDER, 1964).

Abhängig vom pH-Wert des Speichels verschiebt sich die Aktivität zwischen den beiden wichtigsten Pufferungssystemen. Im pH-Bereich zwischen 7,2 und 6,8 werden 85 % der Säuren durch das Bikarbonat abgepuffert (WAH LEUNG, 1951). LILIENTHAL (1955) konnte ergänzend feststellen, daß im pH-Bereich zwischen 8,0 und 4,0 Phosphat und Bikarbonat allein als puffernde Anionen in Frage kommen, und daß weder Mucin noch Eiweiß eine meßbare Pufferwirkung ausüben (LAMMERS, 1956). Sie entfalten ihre puffernden Eigenschaften erst jenseits der genannten Grenzen von pH 8,0 bzw. 4,0. Dies gilt sowohl für den Ruhe- als auch für den Reizspeichel.

Bei der Pufferung mit $NaHCO_3$ kann jede beliebige Säure in ihrer Wirkung abgeschwächt werden, z. B.

$$HCl + NaHCO_3 \text{ --- } NaCl + H_2CO_3$$

Die stärkere Säure wird in das Salz umgewandelt, und wenn Bikarbonat in weiteren Mengen vorhanden ist, wird auch die schwächere Säure nicht dissoziiert vorliegen können, sondern zerfällt in H_2O und CO_2. Das Kohlendioxyd entweicht weitgehend als Gas und wird nur in geringem Maß physikalisch in Wasser gelöst. Als Endprodukt der Pufferung bleibt das Salz der zugesetzten Säure und Wasser zurück. Diesen letzten Vorgang bezeichnet ERICSSON (1961) als Phasenpufferung.

Bei pH-Werten, die in der Nähe des neutralen Bereiches liegen, dominiert die totale Pufferung des Kohlensäuresystems, d.h. zusätzlich zur chemischen Pufferung wirkt auch die Phasenpufferung. Beide steigen mit zunehmendem Speichel-pH stark an (ERICSSON, 1961).

Bereits BUNTING (1934) und KARSHAN (1936) haben festgestellt, daß der Bikarbonat- und CO_2-Gehalt im Speichel Kariesresistenter höher ist als bei Kariesanfälligen; dasselbe gilt entsprechend auch für die Pufferkapazität (MANN, DREIZEN und Mitarbeiter, 1947).

BROWN und KLOTZ (1937) waren im Gegensatz zu den obigen Befunden der Ansicht, daß im Ruhespeichel das Phosphat als Puffersubstanz dominiert, und daß die Pufferung vorwiegend durch Natrium und Kalium als Kationen sowie durch Phosphat und Bikarbonat als Anionen bewirkt wird. Dagegen wird der Reizspeichel durch Bikarbonat gepuffert, und mit dessen Zunahme wächst auch die Pufferung gegen Säuren.

Nach ERICSSON (1950) ist der Reizspeichel gegen Säuren besser gepuffert als der Ruhespeichel, und der pH-Wert ist bei kariesanfälligen Personen niedriger als bei kariesresistenten.

Die Ergebnisse von DREIZEN und Mitarbeiter (1953) bestätigen dies. Sie stellten beim Reizspeichel eine Erhöhung der Pufferkapazität bis zu 300 % fest und führten dies hauptsächlich auf eine vermehrte Ausscheidung von Natrium und Bikarbonat zurück.

BUHS (1959) dagegen beschreibt umgekehrte Beobachtungen. Er findet beim Ruhespeichel sowohl gegen Säuren als auch gegen Basen eine bessere Pufferung. Bemerkenswerterweise überwog dabei immer die Pufferkapazität gegen Säuren.

Nach den Untersuchungen von KIRSTEN (1961) ist dagegen die Pufferkapazität des Speichels gegen Basen fast immer höher als gegen Säuren. Dabei sind die Werte des Nüchternspeichels größer als die des 10-Uhr-Speichels. Letztgenanntes gilt für die Pufferung gegen Säuren wie auch gegen Basen, somit also auch für die Gesamtpufferkapazität.

Bei HOFMANN (1962) war die Pufferung des nicht stimulierten Nüchternspeichels gegenüber Basen nur in 20 % der Fälle höher als die gegenüber Säuren. Bei einem Vergleich mit der Speichelatmung fand er eine gute Übereinstimmung dieser Testverfahren. Bei beiden waren deutliche Unterschiede zwischen den drei Kariesgruppen - kariesanfällig, fraglich kariesanfällig und kariesresistent - festzustellen.

Die experimentellen Untersuchungen von HAUCK (1964) zeigten eine größere Gesamtpufferkapazität des Nüchternspeichels gegenüber dem

Reizspeichel, wobei dieser gegen Säuren, der Nüchternspeichel besser gegen Basen gepuffert war. Damit wird erkennbar, daß sich scheinbar widersprechende Befunde wesentlich von der Speichelgewinnung abhängen.

Die folgenden Autoren sind sich darin einig, daß die Pufferkapazität gegenüber Säure bei kariesresistenten Personen größer ist als bei kariesanfälligen: MANN, DREIZEN und Mitarbeiter (1947), ERICSSON (1949) und HOFMANN (1962).

STARR (1922) und MC CLELLAND (1922) fanden eine pH-Erhöhung des Speichels, nachdem Paraffin gekaut wurde (stimulierter Speichel). In diese Richtung weisen auch die Untersuchungen von JUNG (1932), der nach jedem Reiz einen Alkalischub des Speichels feststellte.

Nach den Untersuchungen von DEWAR (1950) ergab sich:

1. nach Entweichen von CO_2:	Abfall der Pufferkapazität
2. bei Aufbewahrung des Speichels unter Öl:	Anstieg der Pufferkapazität nach einer Stunde
3. nach dem Grad der Stimulation	Anstieg der Pufferkapazität mit vermehrter Stimulation
4. abhängig von der Dauer der Stimulation:	keine Veränderung bis zu 30 Minuten
5. abhängig vom Essen unmittelbar vor der Speichelabgabe:	Abfall nach dem Mittagessen, danach erneuter Anstieg der Pufferkapazität.

Obwohl nach der obigen Aufstellung von DEWAR die Pufferkapazität durch die verschiedensten Faktoren beeinflußt werden kann, ist ERICSSON (1959) der Meinung, daß ihre Bestimmung der zur Zeit stichhaltigste Kariesanfälligkeitstest ist.

IV. Der FOSDICK - Test

Daß die Zahnkaries mit einer vermutlich durch Säuren hervorgerufenen strukturellen Veränderung des Schmelzes beginnt, wird als gesichert betrachtet. Das ist keine neue Idee. Schon bei BLACK (1914) lesen wir folgende Bemerkung eines unbekannten deutschen Autors aus dem Jahr 1530:

> "Corrosio ist eine kranckheit und uebel der zen wenn sie loecherigk und hol werde welchs am meisten den backzene geschicht vornemicklichen so einer ist und sie nicht von der anhangede speise reiniget/welchs faul wirdt/und macht darnach boese scharffe feuchtigkeit die sie ausfrist un etzet/und immer allmelich uberhant nimmet daß sie auch ganz und gar die zen verderbet/und darnach nicht ane schmerzen muessen stueckicht wegk faulen."

Im großen und ganzen ist diese Beobachtung also auch heute noch gültig, wenngleich sie nicht bis in alle Einzelheiten widerspruchslos geklärt werden konnte.

Über die physiologisch-chemischen Eigenschaften des Speichels wurde seit 1920 viel geschrieben, doch erst FOSDICK und Mitarbeiter bestimmten 1937 das Schmelzlöslichkeitsvermögen des Speichels in Gegenwart von Kohlenhydraten. In ihren Untersuchungen stellten sie fest, wieviel Calcium aus gepulvertem Zahnschmelz einer bestimmten Korngröße in einer Speichel-Glucose-Bouillon nach einer festgesetzten Zeit gelöst wurde. Im gleichen Jahr benutzte HATTON außer pulverisiertem Schmelz noch reines Tricalciumphosphat. Auf Grund seiner Ergebnisse korrigierte er die Ernährungsweise und machte Diätvorschläge zur Verminderung der Kariesaktivität.

Der Zahnschmelz besteht aus Hydroxylapatit: $[Ca_3(PO_4)_2]_3 \cdot Ca(OH)_2$, also einer Komplexverbindung aus tertiärem Calciumphosphat mit Calciumhydroxyd. Die Löslichkeit des Schmelzes ist stark

von der Wasserstoffionenkonzentration abhängig. Nur in neutralen bis alkalischen pH-Bereichen kann sich die Komplexverbindung bilden, und nur hier ist sie auch stabil (HOLLEMANN, 1951). Danach hängt die Zerstörung sehr stark von dem einwirkenden Säuregrad und der Säuremenge ab.

ENRIGHT und Mitarbeiter (1932) gaben in ihrer Veröffentlichung als die für den Zahn gefährliche Wasserstoffionenkonzentration einen Wert unter 5,0 an. In diesem Bereich liegen die Orthophosphate als wasserlösliche, primäre Phosphate vor. Nach KARSHAN und ROSEBURY (1934) genügt in den sauren Bereichen schon eine geringe Erhöhung des Säuregrades, um eine potenzierte Löslichkeit der anorganischen Substanz zu erreichen. Zum Beispiel beobachteten sie bei einem pH von 4,5 eine rund 7,5 mal leichtere Löslichkeit als bei dem von 5,5 und eine 16 mal bessere als bei einem pH-Wert von 6,0. Bei einem pH-Wert von 4,0 steigt sie sogar auf das 40fache, gegenüber einem von 6,0.

Die Frage, ob dem Schmelz Mineralsalze entzogen werden, kann heute eindeutig bejaht werden. Der Ionenaustausch zwischen Speichel und Schmelz ist allgemein anerkannt. Obwohl der Speichel mit Calcium und Phosphat als übersättigt angesehen wird (RATHJE und WANNENMACHER, 1954), geben nach SCHMITZ (1943) isolierte Zähne an normalen Speichel ständig kleine Mengen Calcium ab, dagegen meist keine Phosphorsäure.

Direkte Beziehungen zwischen Calcium- und Phosphatgehalt und der Kariesbereitschaft wurden nicht gefunden. BECKS, WAINWRIGHT und YOUNG (1941) fanden zwar geringe Unterschiede im Calciumgehalt kariesfreier und kariesanfälliger Personen, die aber nicht statistisch gesichert werden konnten. Bei Kariesresistenten stellten sie 6,48 mg%, bei Kariesaktiven 6,06 mg% Calcium und je 15,3 mg% für den Gesamtphosphor des Speichels fest.

BUHS (1959) gibt unter Berücksichtigung aller Calciumuntersuchungen 3,5 - 6,5 mg% Calcium im Speichel Gesunder an.

In ihren Experimenten versuchten FOSDICK, HANSEN und EPPLE (1937) die Bedingungen der "unsauberen Zonen" soweit wie möglich nachzuahmen. Sie unternahmen den Versuch, die Löslichkeit des Schmelzes an Hand zweier Calciumbestimmungen in einer Speichel-Glucose-Bouillon zu bestimmen. Sie fanden dabei in 85 % der Fälle eine positive Correlation zur Lactobazillenzahl und zum klinischen Befund.

1939 veränderte FOSDICK zusammen mit CAMPAIGNE den Test, indem er zum pulverisierten Schmelz noch 700 mg Rohrzucker und 100 mg Traubenzucker hinzufügte. Dabei steigerte sich die Übereinstimmung zum klinischen Bild auf 92 %. Folgende Einteilung legte er dabei zugrunde:

Unter 1 mg% Ca gelöst	kariesimmun
1 - 2 mg% Ca mehr in Lösung	kariesverdächtig
2 - 4 mg% Ca mehr in Lösung	1. Grad der Kariesaktivität
4 - 10 mg% Ca mehr in Lösung	2. Grad der Kariesaktivität
10 - 20 mg% Ca mehr in Lösung	3. Grad der Kariesaktivität
Über 20 mg& Ca mehr in Lösung	4. Grad der Kariesaktivität

TOVERUD (1939) konnte diese Resultate bei Verwendung von Tricalciumphosphat oder pulverisiertem Dentin im wesentlichen bestötigen (zit. nach BUHS, 1959).

Im gleichen Jahr isolierte FOSDICK (1939) folgende Säuren aus einem Speichel-Glucose-Calciumphosphat-Gemisch: Milchsäure, Brenztraubensäure, Phosphorglyzerinsäure und möglicherweise Buttersäure und Hexose-Phosphorsäure. Er schließt daraus, daß die Gärungsprodukte der Mundorganismen eines solchen Gemisches mit denen übereinstimmen, die während der alkoholischen Gärung entstehen. Er deutet weiterhin an, daß der Kohlenhydratabbau zu Milchsäure durch Bakterien, Hefen und Gewebsenzyme auf ähnliche Weise vor sich gehen könnte.

Von den oben genannten Säuren verdienen vor allem Milchsäure und Brenztraubensäure Beachtung. Man fand, daß die Milchsäure die Hälfte und diese zusammen mit der Brenztraubensäure zwei Drittel der

gesamten gebildeten Säure ausmachen. Beide Säuren sind aber nicht nur intermediäre Produkte des Kohlenhydratabbaues, sie können auch sehr schnell von Mikroorganismen umgesetzt werden.

KARSHAN (1939) machte einen ähnlichen Versuch wie FOSDICK. Er schüttelte 10 ml Speichel mit 5,0 g Tricalciumphosphat, zentrifugierte die Mischung und bestimmte den Prozentsatz des in Lösung gegangenen Calciums bei Kariesanfälligen und Kariesaktiven sowohl im stimulierten als auch im nicht stimulierten Speichel.

RAE und CLEGG (1948) prüften die Ergebnisse von KARSHAN (1939) und stellten Nachuntersuchungen an. Sie fanden, daß Schwankungen der Calcium- und Phosphorkonzentration des Speichels nach dem Schütteln nur wenig, wenn überhaupt, mit dem Calcium-Phosphosgehalt des Calciumphosphates in Zusammenhang stehen. Lediglich der pH-Wert des Speichels oder der verwendeten Lösung war für Anstieg oder Abfall des Calciumgehaltes entscheidend.

FRONING (1941) wiederholte den FOSDICK-Test bei fünf Versuchspersonen. Dabei waren u.a. die Calciumwerte nach der Bebrütung fünfmal so hoch wie vorher.

WACH, KESEL und Mitarbeiter (1943) beschrieben einen Test, der darauf aufbaut, daß säurebildende Bakterien im Speichel kariesanfälliger Personen häufiger auftreten und auch aktiver sind. Dadurch wird aus Kohlenhydraten in solchen Speichelarten rascher Säure gebildet. Die Geschwindigkeit der Säureproduktion ist hierbei ein wichtiger Hinweis für die Kariesaktivität. Die Ergebnisse dieser Arbeit und einen zweijährigen Vergleich mit dem Lactobazillen- und dem FOSDICK-Test sowie mit dem Kariesindex beschreibt und diskutiert KESEL (1943). Er kommt zu folgenden Ergebnissen: Der Lactobazillentest stimmt in 90 %, der FOSDICK-Test in 94 % und die Säurebildung in 85 % der Fälle vollständig bis teilweise mit dem klinischen Bild überein. Nach seiner Ansicht sind alle drei Teste für die Vorhersage der Kariesaktivität über einen langen Zeitraum hinweg zu ungenau bzw. sie sind zu stark von den täglichen Schwankungen der Kariesfaktoren abhängig.

Diese Schwankungen können jedoch durch mehrere Wiederholungen weitgehend ausgeglichen werden.

BURRILL (1943) führte bei 3 458 Personen bakteriologische Speicheluntersuchungen durch, und er wandte in 458 Fällen den chemischen Test nach FOSDICK an. Mit beiden Testen fand er übereinstimmend einen Höhepunkt der Kariesanfälligkeit beider Geschlechter zwischen 13 und 21 Jahren. Die höchste Kariesanfälligkeit bei Knaben stellte er an Hand des bakteriologischen Testes nach HADLEY im Alter zwischen 13 und 18 Jahren fest; zu dieser Zeit sind sie auch anfälliger als Mädchen. Letztere haben ihre höchste Anfälligkeit zwischen 19 und 21 Jahren. Nach dem FOSDICK-Test dagegen war die höchste Kariesanfälligkeit der Mädchen zwischen 13 und 18, die der Jungen zwischen 16 und 21 Jahren zu finden.

MANN, DREIZEN und Mitarbeiter (1947) verglichen die Kariesaktivität bei 144 schlecht ernährten und 99 gut ernährten Personen. Bei der zweiten Gruppe war der Kariesbefall dreimal so hoch wie bei der ersten. Der FOSDICK-Test fiel bei 99 Personen der ersten Gruppe negativ aus, und keine Person erreichte den vierten Grad der Kariesaktivität. Bei der zweiten Gruppe dagegen war der FOSDICK-Test nur 15mal negativ, während 44 Probanden einen Calciumverbrauch von mehr als 20 mg aufwiesen.

1950 verglich DEWAR den Lactobazillentest, die Teste von FOSDICK und WACH und die Pufferkapazität mit dem Kariesindex von kariesanfälligen Personen. Sie fand gute bis einigermaßen gute Übereinstimmung zum Lactobazillentest in 91 %, zu den Testen von FOSDICK und WACH in 85 % und zur Pufferkapazität schließlich in 85 % der Fälle.

RICKLES (1952) brachte die Säurebildung im Speichel bei Rohrzuckerzusatz mit der Lactobazillenzahl und der Kariesaktivität in Zusammenhang. Die direkten Beziehungen seines Testes zu der Anzahl der Lactobazillen konnte er statistisch sichern. Ein Jahr später verglich er seine Ergebnisse an denselben Versuchspersonen. Hierbei fand er, daß

die Flächenzunahme der Karies vorausgesagt werden kann, und je niedriger die Wasserstoffionenkonzentration im Speichel-Glucose-Gemisch, um so größer die Kariesanfälligkeit.

MAUCH (1962) konnte die Ergebnisse RICKLES' nicht bestätigen, nach denen die individuelle Kariesanfälligkeit vorherzusagen sei. Durch Vergleiche mit klinischen Mundbefunden, die MAUCH neun Monate zuvor aufnahm, war es bei 41 von 60 Personen möglich, den Zuwachs kariöser Flächen und damit ein objektives Maß für die jeweilige Kariesaktivität, zu gewinnen. Dagegen konnte er mit der Auswertung seiner Ergebnisse im Nüchternspeichel, wie auch im paraffin-stimulierten Vormittags-Speichel, keine Zusammenhänge zwischen klinischer Kariesaktivität und den Ergebnissen des RICKLES-Testes erkennen.

JONSGAR (1937) bestimmte den Calciumgehalt des Speichels nach Kauen oder Essen verschiedenster Stoffe. Paraffin, Zucker und Sand bewirkten einen Rückgang im Calciumgehalt um 1 mg% gegenüber dem nicht-stimulierten Speichel. Dagegen stieg nach 10 Tropfen Essigsäure der Calciumgehalt an; nach Zirtonensäure sogar auf 15,8 bis 18,4 mg%.

BECKS und WAINWRIGHT (1941) beobachteten ebenfalls einen Abfall der Calciumwerte der mg/h-Werte. Der Abfall der mg%-Werte war um so größer, je geringer der Speichelfluß war. Beide Autoren stellten dann 1942 fest, daß die mg%-Werte des Calciums mit der Zunahme des Speichelflusses durch Paraffinkauen fallen. Die mg/h-Werte stiegen zunächst an, fielen später aber auch wieder ab.

Nach DEWAR (1949) beeinflussen die Dauer und der Grad der Stimulation das Ergebnis des FOSDICK-Testes nur unwesentlich. Essen kurz vor der Speichelabgabe bewirkt einen Abfall, langes Stehen der Speichelprobe wirkt sich erst nach mehr als einer Stunde mit einem Rückgang der Calciumwerte aus.

Der SNYDER-Test und der FOSDICK-Test erfassen die Säurebildung im Speichel. Diese ist sehr stark von der Bakterienaktivität abhängig.

Die Löslichkeit des Apatits im Zahnschmelz hängt sicher mit beiden Faktoren zusammen. Aber Karies kann nicht mit der Schmelzlöslichkeit gleichgesetzt werden, und außerdem lassen sich die Verhältnisse, wie sie im Munde herrschen, nicht in vitro nachahmen.

V. Material und Methodik

A. Patienten:

Die Speichelproben für die folgenden Untersuchungen wurden von 50 Personen gewonnen. Ausnahmslos waren dies Angehörige des Zahnärztlichen Institutes der Universität Tübingen, Ihr Durchschnittsalter betrug 25 Jahre.

Die klinische Untersuchung und die experimentellen Ergebnisse wurden nach folgendem Schema festgehalten:

Zahnstatus
Name, Vorname
Alter
Geschlecht
DMF-Index
Versuchsergebnisse.

Zusammenfassung der Befundunterlagen aller Probanden:

Tabelle 1

Nr.	Name	Geschlecht	Alter	DMF%	Anzahl der Versuche
1	F.U.	weibl.	23	46	3
2	R.M-L.	weibl.	24	61	3
3	P.E-R.	weibl.	32	47	3
4	U.P.	männl.	24	34	3
5	H.D.	weibl.	24	57	3
6	L.K.	männl.	26	32	2

Nr.	Name	Geschlecht	Alter	DMF%	Anzahl der Versuche
7	B.E.	männl.	47	64	3
8	R.CH.	weibl.	18	18	3
9	Z.R.	männl.	26	46	1
10	R.P.	männl.	26	29	2
11	K.H-D.	männl.	28	57	3
12	B.W.	männl.	26	25	3
13	P.W.	männl.	27	43	2
14	V.B.	weibl.	29	46	3
15	K.R.	weibl.	25	71	3
16	O.H-I.	männl.	28	68	3
17	W.B.	weibl.	30	39	3
18	R.H-J.	männl.	23	36	3
19	B.H-D.	männl.	24	39	1
20	D.K.	männl.	25	53	2
21	C.H.	männl.	23	42	3
22	G.B.	weibl.	25	32	3
23	M.G.	weibl.	23	64	3
24	W.K.	männl.	24	46	3
25	K.M.	männl.	28	71	1
26	B.M.	weibl.	20	29	3
27	W.F.	männl.	26	43	3
28	E.E.	weibl.	25	46	3
29	Sch.M.	weibl.	17	32	3
30	K.B.	männl.	22	50	3
31	Sch.H.	männl.	24	50	2
32	L.G.	männl.	22	40	1
33	W.W.	männl.	23	21	3
34	P.O.	männl.	23	39	2
35	S.I.	weibl.	23	43	3
36	S.E.	männl.	29	57	3
37	E.D.	weibl.	29	29	3
38	H.C.	weibl.	22	18	3
39	W.H.	weibl.	22	21	3
40	M.Ch.	männl.	22	29	1
41	Sch.I.	weibl.	28	39	1
42	K.A.	männl.	42	79	2
43	E.E.	weibl.	20	54	3
44	S.R.	männl.	25	53	1
45	B.A.	weibl.	37	75	2
46	F.I.	weibl.	26	52	1
47	B.R.	weibl.	27	17	1
48	K.M.	weibl.	30	46	1
49	R.E.	weibl.	21	61	2
50	K.F.	weibl.	23	46	1

Der im Zahnstatus eingetragene Befund ist mit Hilfe des DMF-Indexes ausgewertet worden. Man addiert die gefüllten, kariösen und extrahierten Zähne, multipliziert diese Summe mit 100 und dividiert durch die Anzahl der durchbrochenen Zähne. War ein Zahn zugleich gefüllt und kariös, so zählte er als eine Einheit. Die Weisheitszähne wurden bei allen Probanden nicht berücksichtigt.

B. Die Speichelprobe:

Es ist bekannt, daß sich die Zusammensetzung des Speichels im Laufe des Tages ändert. Die verschiedensten Faktoren sind dafür verantwortlich (vergl. Kap. II, III und IV). Deshalb ist es sehr wichtig, daß die Speichelproben unter annähernd gleichen Versuchsbedingungen gewonnen werden. Für die vorliegenden Untersuchungen wurden ca. 8 ml paraffinstimulierter 10-Uhr-Speichel verwendet, da wir die drei Kariesanfälligkeitsteste jeweils in einer Speichelprobe vergleichen wollten. Diese Ausgangsbasis erschien uns für einen Vergleich wichtiger, obwohl wir die Sekretionsverschiebungen im stimulierten Speichel kennen.

Während der Versuchsvorbereitungen wurde der Speichel im Kühlschrank bei $+4^{\circ}C$ in sterilen, verstopften Röhrchen gelagert. Zuvor war er bei 3000 Umdrehungen/Minute, 10 Minuten lang zentrifugiert worden, um ihn von größeren Partikeln zu befreien, die etwa die Calciumbestimmung stören könnten. Das im allgemeinen gebräuchliche Höchstmaß von 4 ml pro Speichelprobe mußte überschritten werden, da größere Speichelmengen für die Versuche gebraucht wurden.

C. Experimentelle Methoden:

1. Die Pufferung des Speichels:
Von den 8 ml Reizspeichel verwandten wir 2 ml zur Bestimmung der Pufferkapazität, d.h. 1 ml für die Pufferung gegen Säuren und 1 ml für die gegen Basen.

Prinzip der Methode:

a) Die Pufferung gegen Basen wurde mit n/100 NaOH in einer Normalbürette und mit 2 Tropfen Phenolphthalein (1%) als Indikator bestimmt. Titriert wurde in einem 25 ml Becherglas auf einem Magnetrührwerk. Nachdem der Umschlag ins charakteristische Rot-Violett erreicht war, ließ sich die titrierte Menge NaOH an der geeichten Bürettenskala ablesen.

b) Die Pufferung des Speichels gegen Säuren bestimmten wir mit n/100 HCl und 2 Tropfen Methylrot (2%) als Indikator. Erfahrungsgemäß hat dieses einen sehr weiten Umschlagsbereich, deshalb wurde eine Vergleichspufferlösung mit einem pH-Wert von 5,2 hergestellt und mit einer Spur Casein angetrübt. Die Gelb-Orange-Farbe des Methylrotes bei diesem Säuregrad erleichterte es sehr, den stets gleichen Meßpunkt festzulegen.

Wieder wurde auf dem Magnetrührwerk in einem 25 ml Becherglas titriert und die verbrauchte Säure an der geeichten Bürettenskala abgelesen.

Benutzte Lösungen:

1. n/100 Fixanal-NaOH
2. n/100 Fixanal-HCl

Phenolphthalein 1 % in Alkohol

Methylrot 2 % in Alkohol.

Ansatz der Vergleichspufferlösung:

Wir verwandten den Zitronensäure-Phosphatpuffer nach MC ILVAINE (1955).

Lösung A:

0,2 m Na_2HPO_4:

(35,6 g $Na_2HPO_4 \cdot 2H_2O$ / 1 l H_2O)

Lösung B:

0,1 m Zitronensäure:

(21,01 g $C_6H_8O_7 \cdot 2H_2O$ / 1 l H_2O)

(46,4 ml Lösung A + 53,6 ml Lösung B).

Mit Hilfe eines pH-Meters wurde der pH-Wert bestimmt und auf das pH von 5,2 eingestellt.

2. Der SNYDER-Test:

Als Nährboden benutzten wir einen von Difco. Lab. Inc. gelieferten Snyder-Standard-Agar. Dieser besteht aus:

Bacto-Tryptan	20 g
Dextrose	20 g
NaCl	5 g
Agar	20 g
Bromkresolgrün	0,02 g

(BACTO-SNYDER-Test-Agar, B 247, dehydrated)

Je 6,5 g dieses Präparates wurden in 100 ml kaltem, destilliertem Wasser aufgelöst und im Wasserbad auf ca. 98°C erhitzt. Es entstand ein blau-grüner Nährboden, den wir in sterile Reagenzgläser abfüllten. Die Gläser wurden mit einem kurz durch die Flamme gezogenen Zellstopfen versehen und 15 Minuten bei 128°C und 1,5 atü autoclaviert. Bis zur Beimpfung lagerten die Nährböden im Kühlschrank bei +4°C. Obwohl sie nach SNYDER unbegrenzt haltbar sein sollen, bewahrten wir sie bis zur Beimpfung nie länger als drei Tage auf.

Zum Beimpfen verflüssigten wir die Nährböden wieder im Wasserbad bei 98°C. Nachdem sie auf ca. 45°C abgekühlt waren, entnahm man den Speichelproben 0,2 ml, pipettierte sie unter sterilen Bedingungen in das Reagenzglas und schüttelte kräftig durch.

Die Nährböden erstarrten bei Zimmertemperatur ungefähr nach 20 Minuten. Diese "Schüttelglas-Kultur" wurde nun 72 Stunden bei 37,5°C bebrütet.

Beobachtung:

Jeweils nach 24 Stunden wurden die beimpften Nährböden drei Tage lang kontrolliert. Ein unbeimpftes Röhrchen diente bei der Farbkontrolle als Vergleich.

Bromkresolgrün wechselt seine Farbe von blau bei pH 5,4 nach gelb bei pH 3,8. Bei pH 4,6 ist die Farbe des Indikators rein grün. Sobald aber das pH von 4,2 erreicht ist, schlägt die Farbe um, und Gelb beginnt mit fallenden pH-Werten immer mehr zu dominieren.

Aufzeichnung des Farbwechsels:

Negativ:	0 - -	Kein Farbwechsel
	+ - -	geringer Wechsel zu Grün
Positiv:	++ - -	Grün nicht mehr dominierend
	+++ - -	nahezu vollständiger Wechsel zu Gelb
	++++ - -	vollständiger Wechsel zu Gelb.

Die Beurteilung war nicht einfach, da die Farbübergänge fließend waren. Die Extremwerte konnten am sichersten bestimmt werden. Die Zwischenwerte dagegen setzten Übung und Erfahrung voraus, um richtig erkannt zu werden. Trotzdem unterliegen sie natürlich einer gewissen Subjektivität.

Für die Aufzeichnung der Ergebnisse gibt SNYDER folgendes Schema an:

Tabelle 2

	Bebrütungsdauer in Stunden		
Kariesaktivität	24	48	72
stark	pos.	pos.	pos.
mittel	neg.	pos.	pos.
schwach	neg.	neg.	pos.
negativ	neg.	neg.	neg.

Um die Ergebnisse des SNYDER-Testes statistisch auswerten zu können, wurden die Kreuze nach folgendem Schema durch Zahlen ersetzt:

Ein Kreuz bei der ersten Ablesung wird dreifach, bei der zweiten zweifach und bei der letzten Ablesung, also nach 72 Stunden, nur einfach bewertet (NEUHAUS, 1961).

Zur Veranschaulichung folgende Tabelle:

Tabelle 3

1. Tag	2. Tag	3. Tag
0 = 0	0 = 0	0 = 0
+ = 3	+ = 2	+ = 1
++ = 6	++ = 4	++ = 2
+++ = 9	+++ = 6	+++ = 3
++++ = 12	++++ = 8	++++ = 4

Die Summe aller Zahlen nach drei Ablesungen kann als Maß der Säurebildung betrachtet und statistisch ausgewertet werden.

3. FOSDICK-Test:
Ausgehend von dem Schmelzlöslichkeitsversuch, wie ihn FOSDICK und andere 1937 beschrieben, führten wir unsere Versuche etwas modifiziert durch.

Zunächst stellten wir von kariesfreien Molaren und Praemolaren Schmelzpulver her, dessen Korngröße größer als 0,1 und kleiner als 0,2 mm war. Dazu wurden die Zähne bei 100 ^{0}C getrocknet und mit der Extraktionszange der Schmelz abgesprengt. Im Mörser wurde er zerkleinert und anschließend durch genormte Prüfsiebe geschüttelt (Prüfsiebe DIN-Nr. 8, 11 E, 60 und 110 E).

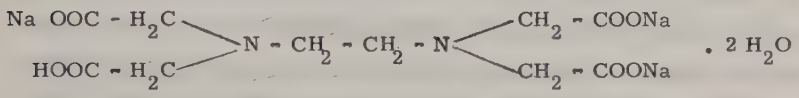
Von den zentrifugierten Speichelproben entnahmen wir 2 ml, bestimmten das pH und untersuchten den Ca-Gehalt nach folgender Methode:

2 ml Speichel werden mit 2 ml 10%iger Trichloressigsäure in einem Zentrifugenglas gut durchmischt und 10 Minuten stehen gelassen. Anschließend wird 5 Minuten bei 3000 Umdrehungen/Minute zentrifugiert und 2 ml der überstehenden klaren Flüssigkeit in ein anderes Glas abpipettiert. Diese Menge entspricht 1 ml Speichel und wird mit verdünntem Ammoniak gegen eine Spur Methylrot neutralisiert. Dieses Gemisch wird mit 1 ml gesättigter Natriumoxalat-Lösung versetzt, gut durchgerührt und geschüttelt. Nach 6 Stunden mischt man noch einmal gut durch und zentrifugiert 10 Minuten bei 3000 Umdre-

hungen/Minute. Es setzt sich ein weißer Niederschlag ab. Dieser wird mit 1 ml in 1 n Salzsäure gelöst. Nun gibt man 2 ml 3n Ammoniak und 1/2 Indikator-Puffertablette von Merck dazu. Es entsteht eine wein- bis braunrote Farbe.

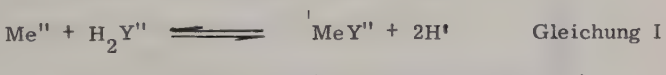
Diese Tablette besteht aus einer Puffersubstanz, $Zn\,Na_2Y \cdot 2\,H_2O$, Eriochromschwarz T und einem gelben Azofarbstoff. Titriert wurde mit n/100 Titriplex III bis zum Umschlag ins Grüne. Wir achteten streng darauf, daß diese Farbe 5 Minuten bestehen blieb.

Titriplex ist das Dinatriumsalz-Dihydrat der Äthylendiamintetraessigsäure von der Formel



und ist in der Lage, mit II- und III-wertigen Metallionen Komplexverbindungen zu bilden. Diese enthalten Metall- und Titriplexionen im Verhältnis 1 : 1, unabhängig von der Wertigkeit des Metalles (BÜCHNER, 1961).

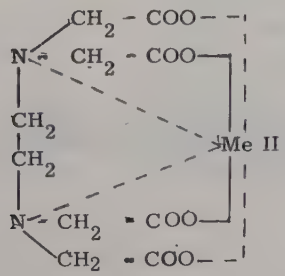
PRIBIL und CIHALIK (zit. nach BÜCHNER, 1961)) beschreiben den Vorgang einer solchen Umsetzung für ein zweiwertiges Metall folgendermaßen:



Gleichung I

$(Na_2H_2Y$ = Titriplex III)

Der gebildete Komplex weist folgende Struktur auf:



Aus Gleichung I ist ersichtlich, daß bei der Bildung des Komplexes 2 Grammionen Wasserstoff freiwerden, d.h. Substanzen mit ausreichender Pufferkapazität müssen dazugegeben werden, damit sich das pH nicht ändert.

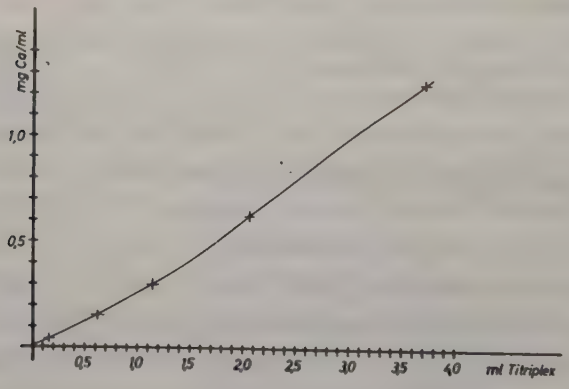
Titriert wurde mit einer 1 ml-Bürette mit einer 100er-Graduierung in ein 25 ml-Becherglas auf einem Magnet-Rührwerk. Blieb die grüne Farbe 5 Minuten konstant, so wurde an der geeichten Büretten-Skala der Titriplex-Verbrauch abgelesen und an Hand der Eichkurve der Ca-Gehalt pro ml Speichel bestimmt.

Diese Kurve ergab sich wie folgt:
Wir lösten 4,2937 mg $CaHPO_4 \cdot 2\,H_2O$ in 100 ml 2m HCl, d.h. 1 ml enthielt 10 mg Ca. 5 gleiche Verdünnungsreihen wurden durchgemessen. Der bekannte Ca-Gehalt wurde auf die oben beschriebene Weise ausgefällt und titriert. Wir erhielten folgende Titriplex-Mittelwerte:

Tabelle 4

mg Ca/ml	0,039	0,078	0,156	0,313	0,625	1,25
ml Titripl.	0,16	0,32	0,63	1,15	2,04	3,75

Daraus ergab sich die Eichkurve:



Um 13.30 Uhr wurde mit dem zweiten Teil des Versuches begonnen. In die sterilen Röhrchen, die 1 mg Schmelzpulver und 1,5 mg Glucose enthielten, pipettierten wir 3 ml Speichel. 3 ml deshalb, damit wir nach dem Schütteln 2 ml Speichel-Glucose-Lösung ohne Schmelzpulver abpipettieren konnten.

Normalerweise führten wir stets 12 Versuche gleichzeitig durch und konnten gegen 14 Uhr die verstopften Röhrchen ins Wasserbad von 37,5°C stellen. Sofort wurden sie 10 Minuten geschüttelt. Jeweils nach 50 Minuten wiederholten wir dies viermal. Am anderen Tag, nach 17 Stunden und 50 Minuten wurden sie noch einmal im Wasserbad und auf einer Schüttelmaschine stehend 10 Minuten durchgemischt.

Die Speichelproben standen also 18 Minuten im Wasserbad von 37,5°C und wurden im ganzen eine Stunde durchgeschüttelt. Daran anschließend zentrifugierten wir das Gemisch 10 Minuten bei 3000 Umdrehungen/Minute, pipettierten 2 ml ab und bestimmten den Ca-Gehalt auf die oben beschriebene Weise.

Die Differenz zwischen dem Ca-Wert des Speichel-Glucose-Gemisches und dem des Speichels ist nach FOSDICK (1937) ein Maß des Schmelzlöslichkeitsvermögens für den abgestandenen Speichel.

Um möglichst gleiche Bedingungen für die einzelnen Versuche zu erreichen, haben wir einen Zeitplan aufgestellt.

9.45 - 10.15	Uhr	Sammeln der Speichelproben
- 10.30	"	Zentrifugieren der Speichelproben
- 11.00	"	Beimpfen des Snyder-Agars
- 11.45	"	Vorbereitungen für die erste Ca-Bestimmung
- 12.45	"	Bestimmung der Pufferkapazität
13.30	"	Vorbereitungen für den zweiten Teil des Fosdick-Testes
14.00 - 8.00	"	Wasserbad
17.45	"	Ca-Bestimmung I
8.20	"	Vorbereitungen für Ca-Bestimmung II
14.30	"	Ca-Bestimmung II

D. Statistische Fehlerberechnung

1. Allgemeines:

Das Untersuchungsmaterial wird als Stichprobe aus einer Grundgesamtheit gleichartiger Prüfungen aufgefaßt, derart, daß das arithmetische Mittel der Stichprobe sich bei größer werdender Zahl der Einzelwerte ständig dem arithmetischen Mittelwert der Grundgesamtheit annähert. Dabei gibt die Standardabweichung des Mittelwertes die Grenzen an, innerhalb derer das arithmetische Mittel der Grundgesamtheit zu suchen wäre. WEBER (1956).

Symbole:

N	=	Zahl der Einzelwerte
N-1	=	n, Freiheitsgrad
x_i	=	Einzelwert ($x_1 + x_2 + x_3$, ... usw.)
S	=	mittlere Abweichung
$s_{\bar{x}}$	=	Standard-Abweichung des Mittelwertes

2. Standard-Abweichung:

$$S = \pm \sqrt{\frac{Ex_i^2 - \bar{x}Ex_i}{(N-1)}}$$

3. Standard-Abweichung des Mittelwertes:

$$s_{\bar{x}} = \pm \sqrt{\frac{Ex_i^2 - \bar{x}Ex_i}{N\ (N-1)}}$$

4. Die Differenzen zwischen Gruppenergebnissen prüften wir mit dem t - Test:

$$t = \frac{\bar{x}_a - \bar{x}_b}{\sqrt{\frac{(Ex_i^2 - \bar{x}Ex_i)_a + (Ex_i^2 - \bar{x}Ex_i)_b}{N_a + N_b - 2}} \sqrt{\frac{N_a \cdot N_b}{N_a + N_b}}}$$

Der gewonnene t - Wert wurde in den Tabellen von WEBER (1956) in % Wahrscheinlichkeit des betreffenden Unterschiedes bei zweiseitiger Fragestellung umgerechnet.

VI. Ergebnisse

1. Die folgenden Meßergebnisse der Pufferkapazität des Speichels gegen Säuren und Basen wurden nach steigendem DMF-Index geordnet und in drei Gruppen eingeteilt. Die erste und dritte Gruppe bestanden jeweils aus 17, die zweite aus 16 Probanden.

1. Gruppe

Tabelle 5

Nr.	DMF%	Pufferung gegen Säure	Base	GPK
47	17	2,1	0,7	2,8
38	18	1,6	0,8	2,4
8	18	1,5	0,9	2,4
33	21	2,1	0,8	2,9
39	21	1,5	0,6	2,1
12	25	0,9	1,7	2,6
10	29	1,5	1,8	3,3
40	29	1,4	0,8	2,2
26	29	1,5	0,6	2,1
37	29	1,2	0,7	1,9
6	32	1,3	0,5	1,8
29	32	1,2	1,1	2,3
22	32	0,9	0,6	1,5
4	34	1,3	0,9	2,2
18	36	1,2	0,7	1,9
17	39	1,6	0,7	2,3
19	39	1,3	0,6	1,9

2. Gruppe

Tabelle 6

Nr.	DMF%	Pufferung gegen Säure	Pufferung gegen Base	GPK
34	39	1,4	0,9	2,3
41	39	1,3	0,7	2,0
32	40	1,4	0,6	2,0
21	42	1,5	0,5	2,0
13	43	1,4	0,7	2,1
27	43	0,7	1,3	2,0
35	43	1,1	0,8	1,9
1	46	1,8	0,7	2,5
9	46	1,1	0,8	1,9
14	46	1,5	0,7	2,2
24	46	1,4	0,5	1,9
28	46	1,6	0,5	2,1
48	46	1,1	0,8	1,9
50	46	1,3	1,1	2,4
3	47	1,2	0,8	2,0
30	50	1,0	0,8	1,8

3. Gruppe

Tabelle 7

Nr.	DMF%	Pufferung gegen Säure	Pufferung gegen Base	GPK
31	50	1,3	0,6	1,9
46	52	1,1	0,9	2,0
20	53	0,9	0,7	1,6
44	53	1,4	0,7	2,1
5	57	1,0	0,9	1,9
11	57	1,1	0,7	1,8
36	57	1,4	0,6	2,0
43	54	1,1	0,7	1,8
2	61	0,8	1,6	2,4
49	61	0,9	0,9	1,8
7	64	0,9	0,9	1,8
23	64	1,1	0,8	1,9
16	68	1,1	0,7	1,8
15	71	1,1	0,8	1,9
25	71	1,1	0,5	1,6
45	75	1,0	0,8	1,8
42	79	0,5	0,8	1,3

Statistische Auswertung dieser Ergebnisse:

a) Mittelwertsberechnung

Tabelle 8

	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3
Pufferung	$\bar{x} = 1,42$	$\bar{x} = 1,30$	$\bar{x} = 1,05$
gegen	$s_{\bar{x}} = \pm 0,24$	$s_{\bar{x}} = \pm 0,20$	$s_{\bar{x}} = \pm 0,055$
Säure	$s = \pm 1,03$	$s = \pm 0,83$	$s = \pm 0,22$
GPK	$\bar{x} = 2,27$	$\bar{x} = 2,06$	$\bar{x} = 1,85$
	$s_{\bar{x}} = \pm 0,44$	$s_{\bar{x}} = \pm 0,16$	$s_{\bar{x}} = \pm 0,053$
	$s = \pm 0,13$	$s = \pm 0,66$	$s = \pm 0,22$

b) t - Test

Tabelle 9

Gegenübergestellte Gruppen	t	P
1. : 3. (Pufferung geg. Säure)	1,46	> 5
1. : 3. (GPK)	3,59	$< 0,2$, $> 0,1$

Die Mittelwerte der Pufferung gegen Säuren fallen zwar mit steigendem DMF-Index ab, doch konnten diese Ergebnisse statistisch nicht gesichert werden, da die Streuung in den einzelnen Gruppen viel zu groß war.

Vergleichen wir dagegen die GPK der drei Gruppen, so zeigt sich, daß im allgemeinen und im arithmetischen Mittel die niedrigen DMF-Werte den hohen GPK-Werten zugeordnet sind. Dabei ist die Differenz der mittleren GPK zwischen der ersten und dritten Gruppe statistisch signifikant.

2. Ergebnisse des SNYDER-Testes nach steigendem DMF-Index geordnet und in drei Gruppen eingeteilt.

1. Gruppe

Tabelle 10

Nr.	DMF%	SNYDER-Test 1. Tag	2. Tag	3. Tag	Summe
47	17	++	++++	++++	18
38	18	+	+	+++	8
8	18	+	+	+	6
33	21	++	+++	+++	15
39	21	+	++	+++	10
12	25	+	+	++	7
10	29	+	++	+++	10
40	29	++	++	+++	13
26	29	0	++	+++	7
37	29	+	+	+	6
6	32	+	++	++	9
22	32	+	++	+++	10
29	32	0	+	++	4
4	34	+	+	++	7
18	36	0	+++	+++	9
17	39	+	+	+	6
19	39	++	++	+++	13

2. Gruppe

Tabelle 11

Nr.	DMF%	SNYDER-Test 1. Tag	2. Tag	3. Tag	Summe
34	39	++	+++	+++	15
41	39	+	++	+++	10
32	40	0	++	+++	6
21	42	+++	++++	++++	21
13	43	++	++++	++++	18
27	43	++	+++	++++	16
35	43	0	+	+++	5
1	46	+	++++	++++	15
9	46	++	+++	+++	15
14	46	+	+	+	6
24	46	+	++	++	9
28	46	++	++++	++++	18
48	46	++	+++	+++	15
50	46	+	+	++	7
3	47	++	++	++	12
30	50	++	+++	++++	16

3. Gruppe

Tabelle 12

Nr.	DMF%	SNYDER-Test			Summe
		1. Tag	2. Tag	3. Tag	
31	50	+	++	++	9
46	52	0	+	+	3
20	53	++	++	++	12
44	53	0	+	+	3
43	54	++	++	++	12
5	57	+	+	++	7
11	57	++	+++	+++	15
36	57	+	+	+	6
2	61	+	+	+	6
49	61	+	++	++++	11
7	64	++	+++	++++	16
23	64	+	+++	+++	12
16	68	++	++++	++++	18
15	71	++	+++	++++	16
25	71	+	++	++	9
45	75	+	+	++	7
42	79	++	++++	++++	18

Statistische Auswertung:

a) Mittelwertsberechnung

Tabelle 13

Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3
$\bar{x} = 9,59$	$\bar{x} = 12,9$	$\bar{x} = 10,6$
$s_{\bar{x}} = \pm 0,97$	$s_{\bar{x}} = \pm 1,25$	$s_{\bar{x}} = \pm 0,43$
$s = \pm 4,02$	$s = \pm 5,02$	$s = \pm 1,48$

b) t - Test

Tabelle 14

Gegenübergestellte Gruppen	t	P
1. : 3.	1,01	> 5

Diese Tabellen veranschaulichen es sehr deutlich, daß die Ergebnisse des SNYDER-Testes nicht mit dem morphologischen Gebißbefund übereinstimmen. Die Durchschnittswerte zeigen keine eindeutige Tendenz, die Differenzen sind nicht statistisch signifikant.

3. Ergebnisse des FOSDICK-Testes nach steigendem DMF-Index geordnet und in drei Gruppen eingeteilt.

1. Gruppe

Tabelle 15

Nr.	DMF%	vorher		nachher		Ca-Diff.
		pH	Ca mg%	pH	Ca mg%	mg%
47	17	7,2	5,0	5,4	13,7	8,7
38	18	7,0	4,9	5,1	10,2	5,3
8	18	7,5	5,2	5,5	11,2	6,0
33	21	7,4	5,2	4,6	15,2	10,0
39	21	7,1	5,1	5,7	7,9	2,8
12	25	7,0	5,7	5,0	13,2	7,5
10	29	6,4	6,4	5,0	11,7	5,3
40	29	7,2	5,2	4,8	18,4	13,2
26	29	7,4	6,4	5,2	21,4	15,0
37	29	7,0	5,2	5,0	16,3	11,1
6	32	7,1	5,7	4,8	16,1	10,4
22	32	7,2	5,7	4,6	25,0	19,3
29	32	7,0	5,9	5,2	14,0	8,1
4	34	7,0	5,4	4,8	18,1	12,7
18	36	7,0	6,1	5,0	16,6	10,5
17	39	7,6	6,0	4,8	18,7	12,7
19	39	7,2	5,2	4,8	16,3	11,1

2. Gruppe

Tabelle 16

Nr.	DMF%	vorher		nachher		Ca-Diff.
		pH	Ca mg%	pH	Ca mg%	mg%
34	39	7,0	5,4	4,8	18,1	12,7
41	39	7,2	6,4	4,7	23,2	16,8
32	40	7,0	5,2	4,6	20,5	15,3
21	42	7,4	4,5	5,4	12,0	7,5
13	43	6,8	6,4	4,6	22,5	16,1
27	43	6,6	6,4	4,8	19,5	13,1
35	43	7,1	5,2	4,8	18,8	13,6
1	46	7,2	6,6	4,7	19,9	13,3
9	46	7,2	5,2	4,6	26,4	21,2
14	46	7,2	4,5	4,7	19,7	15,2
24	46	7,4	5,2	4,8	19,5	14,3
28	46	7,2	5,2	4,9	17,5	12,3
48	46	7,0	5,4	5,2	11,4	6,0
50	46	7,0	4,2	4,8	17,5	13,3
3	47	7,2	5,0	4,7	23,9	18,9
30	50	7,0	7,6	4,7	21.0	13,4

3. Gruppe

Tabelle 17

Nr.	DMF%	vorher		nachher		
		pH	Ca mg%	pH	Ca mg%	mg%
31	50	7,0	5,9	4,9	16,3	10,4
46	52	7,0	5.1	5,0	10,2	5 1
20	53	7,1	5,9	4,6	23,4	17,5
44	53	7,2	4,2	5,5	10,2	6,0
43	54	7,0	5,9	4,6	20,8	15,1
5	57	6,7	5,4	4,8	16,3	10,9
11	57	7,4	4,5	6,5	6,9	2,4
36	57	7,1	5,4	4,9	16,6	11,2
2	61	6,7	10,5	4,8	22,0	11,5
49	61	7,0	5,1	4,6	23,2	18,1
7	64	7,0	6,6	4,8	19,5	12,9
23	64	7,2	6,4	4,9	18,7	12,3
16	68	7,2	5,0	4,6	35,8	30,8
15	71	7,0	5,9	4,7	22,5	16,6
25	71	7,2	5,0	4,6	32,0	27,0
45	75	7,1	5,2	4,8	15,9	10,7
42	79	7,0	5,7	5,2	10,9	5,2

Statistische Auswertung:

a) Mittelwerte

Tabelle 18

	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3
Ca-Gehalt	$\bar{x} = 5,64$	$\bar{x} = 5,52$	$\bar{x} = 5,65$
mg%	$s_{\bar{x}} = \pm 0,16$	$s_{\bar{x}} = \pm 0,23$	$s_{\bar{x}} = \pm 0,26$
(vorher)	$s = \pm 0,65$	$s = \pm 0,93$	$s = \pm 1,08$
Ca-Diff.	$\bar{x} = 9,98$	$\bar{x} = 13,93$	$\bar{x} = 14,16$
mg%	$s_{\bar{x}} = \pm 0,98$	$s_{\bar{x}} = \pm 0,96$	$s_{\bar{x}} = \pm 1,56$
	$s = \pm 4,06$	$s = \pm 3,70$	$s = \pm 6,42$

b) t - Test

Tabelle 19

Gegenübergestellte Gruppen	t	P
1. : 3.	3,99	$< 0,1$
2. : 3.	0,39	> 5
1. : 2. (Ca-Diff.)	2,91	$< 1,$ $> 0,2$

Die Differenzen der Mittelwerte des Calciumgehaltes im Speichel der drei Gruppen waren so gering, daß sie sich nicht statistisch sichern ließen. Vergleicht man dagegen die Calcium-Differenzen, so wird bei einer Gegenüberstellung der ersten und dritten Gruppe besonders deutlich, daß mit steigendem DMF-Index auch die Calcium-Differenzen anwachsen. Die Unterschiede zwischen diesen beiden Gruppen und der ersten und zweiten Gruppe sind statistisch signifikant.

4. Ergebnisse des FOSDICK-Testes nach abfallender GPK geordnet und in drei Gruppen eingeteilt. Bei gleicher GPK entschied die höhere Pufferung gegen Säure.

1. Gruppe

Tabelle 20

Nr.	GPK	Säure	Ca-Differenz mg%
10	3,3	1,5	5,3
33	2,9	2,1	10,0
47	2,8	2,1	8,7
12	2,6	0,9	7,5
1	2,5	1,8	13,3
38	2,4	1,6	5,3
8	2,4	1,5	6,0
50	2,4	1,3	13,3
2	2,4	0,8	11,5
17	2,3	1,6	12,7
34	2,3	1,4	12,7
29	2,3	1,1	8,1
14	2,2	1,5	15,2
40	2,2	1,4	13,2
4	2,2	1,3	12,7
28	2,1	1,6	12,3
39	2,1	1,5	2,8

2. Gruppe

Tabelle 21

Nr.	GPK	Säure	Ca-Differenz mg%
26	2,1	1,5	15,0
13	2,1	1,4	16,1
44	2,1	1,4	6,0
21	2,0	1,5	7,5

Nr.	GPK	Säure	Ca-Differenz mg%
36	2,0	1,4	11,2
32	2,0	1,4	15,3
41	2,0	1,3	16,8
3	2,0	1,2	18,9
46	2,0	1,1	5,1
27	2 0	0,7	13,1
24	1,9	1,4	14,3
31	1,9	1,3	10,4
19	1,9	1,3	11,1
37	1,9	1,2	11,1
18	1,9	1,2	10,5
35	1,9	1,1	13,6

3. Gruppe

Tabelle 22

Nr.	GPK	Säure	Ca-Differenz mg%
9	1,9	1,1	21,2
48	1,9	1,1	6,0
23	1,9	1,1	12,3
15	1,9	1,1	16,6
5	1,9	1,0	10,9
6	1,8	1,3	10,4
30	1,8	1,0	13,4
11	1,8	1,1	2,4
43	1,8	1,1	15,1
16	1,8	1,1	30,8
45	1,8	1 0	10,7
7	1,8	0,9	12,9
49	1,8	0,9	18,1
25	1,6	1,1	27,0
20	1,6	0,9	17,5
22	1,5	0,9	19,3
42	1,3	0,5	5,2

Statistische Auswertung:

Tabelle 23

a) Mittelwerte

	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3
Ca-Diff.	$\bar{x}$ = 9,87	$\bar{x}$ = 12,25	$\bar{x}$ = 15,61
mg%	$s_{\bar{x}}$ = ±1,06	$s_{\bar{x}}$ = ± 0,97	$s_{\bar{x}}$ = ± 1,64
	s = ±4,35	s = ± 3,89	s = ± 6,55

b) t - Test

Tabelle 24

Gegenübergestellte Gruppen	t	P
1. : 3.	3,08	$<1, >0,2$

Bei einem Vergleich der Mittelwerte zwischen der Gesamtpufferkapazität und denen des FOSDICK-Testes zeigt es sich ziemlich deutlich, je niedriger die Gesamtpufferkapazität um so höher die Calcium-Differenz nach der Inkubation.

5. Ergebnisse des FOSDICK-Testes nach steigenden SNYDER-Werten geordnet und in drei Gruppen eingeteilt.

1. Gruppe

Tabelle 25

Nr.	SNYDER-Test 1. Tag	2. Tag	3. Tag	Summe	Ca-Diff. mg%
44	0	+	+	3	6,0
46	0	+	+	3	5,1
29	0	+	++	4	8,1
35	0	+	+++	5	13,6
32	0	++	++	6	15,3
8	+	+	+	6	6,0
37	+	+	+	6	11,1
2	+	+	+	6	11,5
17	+	+	+	6	12,7
36	+	+	+	6	11,2
14	+	+	+	6	15,2
26	0	++	+++	7	15,0
50	+	+	++	7	13,3
4	+	+	++	7	12,7
12	+	+	++	7	7,5
5	+	+	++	7	10,9
45	+	+	++	7	10,7

2. Gruppe

Tabelle 26

Nr.	SNYDER-Test 1. Tag	2. Tag	3. Tag	Summe	Ca-Diff. mg%
38	+	+	+++	8	5,3
18	0	+++	+++	9	10,5
6	+	++	++	9	10,4

Nr.	SNYDER-Test 1. Tag	2. Tag	3. Tag	Summe	Ca-Diff. mg%
24	+	++	++	9	14,3
31	+	++	++	9	10,4
25	+	++	++	9	27,0
39	+	++	+++	10	2,8
10	+	++	+++	10	5,3
41	+	++	+++	10	16,8
22	+	++	+++	10	19,3
49	+	++	++++	11	18,1
23	+	+++	+++	12	12,3
43	++	++	++	12	15,1
20	++	++	++	12	17,5
3	++	++	++	12	18,9
19	++	++	+++	13	11,1

3. Gruppe

Tabelle 27

Nr.	SNYDER-Test 1. Tag	2. Tag	3. Tag	Summe	Ca-Diff. mg%
40	++	++	+++	13	13,2
1	+	++++	++++	15	13,3
9	++	+++	+++	15	21,2
11	++	+++	+++	15	2,4
48	++	+++	+++	15	6,0
33	++	+++	+++	15	10,0
34	++	+++	+++	15	12,7
15	++	+++	++++	16	16,6
30	++	+++	++++	16	13,4
27	++	+++	++++	16	13,1
7	++	+++	++++	16	12,9
47	++	++++	++++	18	8,7
42	++	++++	++++	18	5,2
28	++	++++	++++	18	12,3
13	++	++++	++++	18	16,1
16	++	++++	++++	18	30,8
21	+++	++++	++++	21	7,5

Statistische Auswertung

Tabelle 28

a) Mittelwerte

	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3
Ca-Diff.	$\bar{x} = 10,93$	$\bar{x} = 13,44$	$\bar{x} = 12,67$
mg%	$s_{\bar{x}} = \pm 0,86$	$s_{\bar{x}} = \pm 1,55$	$s_{\bar{x}} = \pm 1,59$
	$s = \pm 3,32$	$s = \pm 6,22$	$s = \pm 6,55$

Obwohl der SNYDER- und der FOSDICK-Test auf der Säurebildung im Speichel basieren, kann man bei einem Vergleich dieser beiden Teste keine klare Tendenz erkennen. Zwar steigen mit den SNYDER-Werten auch die Calcium-Differenzen an, jedoch konnte dies nicht statistisch gesichert werden.

6. Ergebnisse des FOSDICK-Testes nach abfallenden pH-Werten geordnet und in drei Gruppen eingeteilt.

1. Gruppe

Tabelle 29

Nr.	pH-Wert nachher	Ca-Diff. mg%
11	6,5	2,4
39	5,7	2,8
8	5,5	6,0
44	5,5	6,0
21	5,4	7,5
47	5,4	8,7
42	5,2	5,2
48	5,2	6,0
29	5,2	8,1
26	5,2	15,0
38	5,1	5,3
46	5,0	5,1
10	5,0	5,3
12	5,0	7,5
18	5,0	10,5
37	5,0	11,1
36	4,9	11,2

2. Gruppe

Tabelle 30

Nr.	pH-Wert nachher	Ca-Diff. mg%
31	4,9	10,4
23	4,9	12,3
28	4,9	12,3
6	4,8	10,4
45	4,8	10,7
5	4,8	10,9
19	4,8	11,1

Nr.	pH-Wert nachher	Ca-Diff. mg%
2	4,8	11,5
4	4,8	12,7
17	4,8	12,7
34	4,8	12,7
7	4,8	12,9
27	4,8	13,1
40	4,8	13,2
50	4,8	13,3
35	4,8	13,6

3. Gruppe

Tabelle 31

Nr.	pH-Wert nachher	Ca-Diff. mg%
24	4,8	14,3
1	4,7	13,3
30	4,7	13,4
14	4,7	15,2
15	4,7	16,6
41	4,7	16,8
3	4,7	18,9
33	4,6	10,0
43	4,6	15,1
9	4,6	15,2
32	4,6	15,3
13	4,6	16,1
20	4,6	17,5
49	4,6	18,1
22	4,6	19,3
25	4,6	27,0
16	4,6	30,8

Statistische Auswertung:

Tabelle 32

a) Mittelwerte

	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3
Ca-Diff.	$\bar{x} = 7,28$	$\bar{x} = 12,11$	$\bar{x} = 17,23$
mg%	$s_{\bar{x}} = \pm 0,72$	$s_{\bar{x}} = \pm 0,28$	$s_{\bar{x}} = \pm 1,21$
	$s = \pm 2,98$	$s = \pm 1,07$	$s = \pm 4,97$

b) t - Test

Tabelle 33

Gegenübergestellte Gruppen	t	P
1. : 2.	6,08	$\leq 0,1$
1. : 3.	7,09	$\leq 0,1$
1. : 2.	4,02	$\leq 0,1$

Mit fallendem pH steigt die Schmelzlöslichkeit des Speichels an. Das zeigen diese Tabellen sehr deutlich, wobei die Unterschiede zwischen den drei Gruppen statistisch signifikant sind. (Vergl. auch Tab. 41).

7. Ergebnisse des SNYDER-Testes nach abfallender Pufferkapazität geordnet und in drei Gruppen eingeteilt.

1. Gruppe

Tabelle 34

Nr.	GPK	SNYDER-Test 1. Tag	2. Tag	3. Tag	Summe
10	3,3	+	++	+++	10
33	2,9	++	+++	+++	15
47	2,8	++	++++	++++	18
12	2,6	+	+	++	7
1	2,5	+	++++	++++	15
2	2,4	+	+	+	6
8	2,4	+	+	+	6
50	2,4	+	+	++	7
38	2,4	+	+	+++	8
29	2,3	0	+	++	4
17	2,3	+	+	+	6
34	2,3	++	+++	+++	15
14	2,2	+	+	+	6
4	2,2	+	+	++	7
40	2,2	++	++	+++	13
44	2,1	0	+	+	3
26	2,1	0	++	+++	7

2. Gruppe

Tabelle 35

Nr.	GPK	SNYDER-Test			Summe
		1. Tag	2. Tag	3. Tag	
39	2,1	+	++	+++	10
28	2,1	++	++++	++++	18
46	2,0	0	+	+	3
32	2,0	0	++	++	6
36	2,0	+	+	+	6
41	2,0	+	++	+++	10
3	2,0	++	++	++	12
21	2,0	+++	++++	++++	21
27	2,0	++	+++	++++	16
13	2,1	++	++++	++++	18
35	1,9	0	+	+++	5
37	1,9	+	+	+	6
18	1,9	0	+++	+++	9
31	1,9	+	++	++	9
24	1,9	+	++	++	9
19	1,9	++	++	+++	13

3. Gruppe

Tabelle 36

Nr.	GPK	SNYDER-Test			Summe
		1. Tag	2. Tag	3. Tag	
5	1,9	+	+	+++	7
23	1,9	+	+++	+++	12
48	1,9	++	+++	+++	15
9	1,9	++	+++	+++	15
15	1,9	++	+++	++++	16
45	1,8	+	+	++	7
6	1,8	+	++	++	9
49	1,8	+	++	++++	11
43	1,8	++	++	++	12
11	1,8	++	+++	+++	15
30	1,8	++	+++	++++	16
7	1,8	++	+++	++++	16
16	1,8	++	++++	++++	18
25	1,6	+	++	++	9
20	1,6	++	++	++	12
22	1,5	+	++	+++	10
42	1,3	++	++++	++++	18

Statistische Auswertung:

a) Mittelwerte

Tabelle 37

Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3
$\bar{x}$ = 9,0	$\bar{x}$ = 10,69	$\bar{x}$ = 12,82
$s_{\bar{x}}$ = ±1,06	$s_{\bar{x}}$ = ±1,33	$s_{\bar{x}}$ = ±0,87
s = ±4,35	s = ±5,26	s = ±3,62

b) t - Test

Tabelle 38

Gegenübergestellte Gruppen	t	P
1. : 3.	2,78	$<1, >0,2$

Bei einer Gegenüberstellung der Mittelwerte der GPK und des SNYDER-Testes läßt sich mit einem Abfall der GPK ein Anstieg der SNYDER-Werte feststellen, d.h., je geringer das Pufferungsvermögen des Speichels, um so mehr freie Säure ist vorhanden. Die Differenzen zwischen der ersten und dritten Gruppe sind statistisch signifikant.

8. Um Aufschluß darüber zu bekommen, ob die Ergebnisse rein zufällig waren, oder ob sie auch bei mehrmaliger Wiederholung der Versuche annähernd gleichbleiben würden, haben wir an 39 Probanden 30 Dreifach- und 9 Doppelversuche durchgeführt.
Die Darstellung dieser Ergebnisse ist nach steigendem DMF-Index geordnet.

a) Pufferkapazität

Tabelle 39

Nr.	DMF%	Pufferkapazität gegen Säure	Base	GPK
38	18	1,6	0,8	2,4
		1,0	0,9	1,9
		1,3	0,9	2,2
8	18	1,5	0,9	2,4
		1,5	0,7	2,2
		2,2	0,8	3,0

Nr.	DMF%	Pufferkapazität gegen Säure	Base	GPK
33	21	2,1	0,8	2,9
		1,6	0,7	2,3
		2,2	0,8	3,0
39	21	1,5	0,6	2,1
		1,0	0,8	1,8
		1,2	0,5	1,7
12	25	0,9	1,7	2,6
		1,2	1,0	2,2
		1,2	1,8	3,0
10	29	1,5	1,8	3,3
		0,4	2,6	3,0
26	29	1,5	0,6	2,1
		1,5	1,0	2,5
		1,4	0,7	2,1
37	29	1,2	0,7	1,9
		0,8	0,6	1,4
		1,2	0,7	1,9
6	32	1,3	0,5	1,8
		1,3	0,4	1,7
22	32	0,9	0,6	1,5
		0,9	0,5	1,4
		0,9	0,6	1,5
29	32	1,2	1,1	2,3
		1,0	0,7	1,7
		1,2	0,7	1,9
4	34	1,3	0,9	2,2
		0,6	1,6	2,2
		1,1	0,7	1,8
18	36	1,2	0,7	1,9
		1,1	0,8	1,9
		1,0	0,9	1,9
17	39	1,6	0,7	2,3
		1,7	0,5	2,2
		1,8	0,6	2,4
34	39	1,4	0,9	2,3
		1,4	0,8	2,2
21	42	1,5	0,5	2,0
		1,5	1,2	2,7
		1,5	0,4	1,9

Nr.	DMF%	Pufferkapazität gegen Säure	Base	GPK
13	43	1,4	0,7	2,1
		0,4	1,6	2,0
27	43	0,7	1,3	2,0
		0,8	2,8	3,6
		0,6	1,1	1,7
35	43	1,1	0,8	1,9
		0,8	0,8	1,6
		1,0	0,8	1,8
1	46	1,8	0,7	2,5
		2,5	0,7	3,2
		1,5	1,0	2,5
14	46	1,5	0,7	2,2
		1,8	1,3	3,1
		2,0	0,6	2,6
24	46	1,4	0,5	1,9
		1,6	0,7	2,3
		1,2	0,7	1,9
28	46	1,6	0,5	2,1
		1,2	0,9	2,1
		2,0	0,4	2,4
3	47	1,2	0,8	2,0
		1,2	1,8	3,0
		1,1	0,8	1,9
30	50	1,0	0,8	1,8
		1,0	0,6	1,6
		1,0	0,7	1,7
31	50	1,3	0,6	1,9
		1,2	0,7	1,9
20	53	0,9	0,7	1,6
		1,3	0,8	2,1
43	54	1,1	0,7	1,8
		1,9	0,8	2,7
		1,1	0,8	1,9
5	57	1,0	0,9	1,9
		0,1	4,0	4,1
		1,4	0,6	2,0
11	57	1,1	0,7	1,8
		1,4	0,5	1,9
		1,4	0,6	2,0

Nr.	DMF%	Pufferkapazität gegen Säure	Base	GPK
36	57	1,4	0,6	2,0
		1,0	1,1	2,1
		1,7	0,7	2,4
2	61	0,8	1,6	2,4
		0,7	1,0	1,7
		0,9	0,6	1,5
49	61	0,9	0,9	1,8
		0,9	0,8	1,7
7	64	0,9	0,9	1,8
		1,1	1,1	2,2
		1,0	0,8	1,8
23	64	1,1	0,8	1,9
		1,1	0,8	1,9
		1,0	0,7	1,7
16	68	1,1	0,7	1,8
		1,2	1,5	2,7
		1,2	1,1	2,3
15	71	1,1	0,8	1,9
		0,6	1,4	2,0
		1,0	0,8	1,8
45	75	1,0	0,8	1,8
		1,0	0,8	1,8
42	79	0,5	0,8	1,3
		0,7	0,6	1,3

b) SNYDER-Test

Tabelle 40

Nr.	SNYDER-Test 1. Tag	2. Tag	3. Tag	Summe
38	+	+	+++	8
	++	+++	+++	15
	+	++	+++	10
8	+	+	+	6
	+	+	+	6
	+	++	+++	10
33	++	+++	+++	15
	+	+	+	6
	++	+++	++++	16
39	+	++	+++	10
	+	+++	++++	13
	++	+++	++++	16
12	+	+	++	7
	++	++++	++++	18
	+	+++	++++	13
10	+	++	+++	10
	++	+++	+++	15
26	0	++	+++	7
	+	++	++	9
	+	++	+++	10
37	+	+	+	6
	+	+	+	6
	+	++	+++	10
6	+	+	+	6
	+	++	++	9
22	+	++	+++	10
	+	+	+	6
	++	+++	+++	15
4	+	+	++	7
	+	+	++	7
	++	++	++	12
29	0	+	++	4
	+++	+++	+++	18
	+	+++	+++	15
18	0	+++	+++	9
	+	++	++	9
	+	+	+	6

Nr.	SNYDER-Test 1. Tag	2. Tag	3. Tag	Summe
17	+	+	+	6
	++	++	++	12
	+	++	+++	10
34	++	+++	+++	15
	++	+++	++++	16
21	+++	++++	++++	21
	++	++++	++++	18
	++	++++	++++	18
13	++	++++	++++	18
	++	+++	++++	16
27	++	+++	++++	16
	++	++	++	12
	0	+	+	3
35	0	+	+++	5
	++	++	++	12
	++	++++	++++	18
1	+	++++	++++	15
	+	+	+	6
	+	+	+	6
14	+	+	+	6
	+	+	+	6
	+	+	+++	8
24	+	++	++	9
	+	+	++	7
	+	+++	+++	12
28	++	++++	++++	18
	++	+++	+++	15
	0	+	++	4
3	++	++	++	12
	++	++	+++	13
	+	+	+	6
30	++	+++	++++	16
	0	+	++	4
	+	++	++	9
31	+	++	++	9
	++	++	++	12
20	++	++	++	12
	+	++	++	7
5	+	+	++	7
	0	+	++	4
	++	++	++	12

Nr.	SNYDER-Test 1. Tag	2. Tag	3. Tag	Summe
11	++	+++	+++	15
	+	++	+++	10
	0	+	+	3
36	+	+	+	6
	0	+	+	3
	0	+	++	4
43	++	++	++	12
	0	++	+++	7
	+	++	++	7
2	+	+	+	6
	++	++	+++	13
	+	+	++	7
49	+	++	++++	11
	+	+	+	6
7	++	+++	++++	16
	++	+++	++++	16
	++	++	++	12
23	+	+++	+++	12
	+	+	++	7
	+	+	++	7
16	++	++++	++++	18
	++	++	+++	13
	+	+	+	6
15	++	+++	++++	16
	++	+++	++++	16
	+	++	++	9
45	+	+	++	7
	+	++	++	9
42	++	++++	++++	18
	0	+++	++++	10

c) FOSDICK-Test

Tabelle 41

Nr.	DMF%	nachher pH	nachher Ca mg%	vorher pH	vorher Ca mg%	Diff.
38	18	5,1	10,2	7,0	4,9	5,3
		4,8	23,9	7,0	5,0	18,9
		4,8	16,9	7,2	5,0	11,9
8	18	5,5	11,2	7,5	5,2	6,0
		5,2	9,3	6,8	5,3	4,0
		4,8	17,2	7,5	5,4	11,8

Nr.	DMF%	nachher		vorher		Diff.
		pH	Ca mg%	pH	Ca mg%	
33	21	4,6	15,2	7,4	5,2	10,0
		4,8	22,6	7,4	6,1	16,5
		5,0	17,2	7,2	6,1	11,1
39	21	5,7	7,9	7,1	5,1	2,8
		5,5	10,0	7,0	6,4	3,6
		5,3	14,2	7,1	5,9	8,3
12	25	5,0	13,2	7,0	5,7	7,5
		5 0	11,3	6,6	4,2	7,1
		4,6	19.9	6,7	5,4	14,5
10	29	5 0	11,7	6,5	6,4	5,3
		4,6	22,0	6,4	6,4	15,6
26	29	5,2	21,4	7,4	6,4	15,0
		4,8	25,6	7,6	4,5	21,1
		5,5	7,5	7,4	5,4	1,9
37	29	5,0	16,3	7,0	5,2	11,1
		4,8	22,5	6,9	10,2	12,3
		4,8	17,8	7,0	5,2	12,6
6	32	4,6	16,1	7,1	5,7	10,4
		4,8	10,5	7,1	7,3	3,2
22	32	4,6	25,0	7,2	5,7	19,3
		4,8	18,7	7,4	5,4	13,3
		4,8	19,5	7,0	4,5	15,0
29	32	5,2	14.0	7,0	5,9	4,8
		4,8	28,4	7,4	5,2	23,2
		5,1	12,9	7,0	4,5	8,4
4	34	4,8	18,1	7,0	5,4	12,7
		4,8	22,9	7,0	7,5	15,4
		5,0	10,2	6,8	6,1	4,1
18	36	5,0	16,6	7,0	6,1	10,5
		5,0	16,9	7,0	6,6	10,3
		5,0	17,5	7,0	8,2	9,3
17	39	4,8	18,7	7,6	6,0	12,7
		5,0	13,2	7,2	6,1	7,1
		5,4	11,4	7,4	6,1	5,3
34	39	4,8	18,1	7,0	5,4	12,7
		4,6	25,0	7,0	5,9	19,1
21	42	5,4	11,7	7,0	4,2	7,5
		5,4	11,9	7,4	4,5	7,4
		5,4	11,7	7,4	5,0	6,7

Nr.	DMF%	nachher		vorher		Diff.
		pH	Ca mg%	pH	Ca mg%	
13	43	4,6	22,5	6,8	6,4	16,1
		4,6	22,6	7,2	6,5	16,1
27	43	4,8	19,5	6,6	6,4	13,1
		4,7	21,5	6,5	5,3	16,2
		4,6	29,2	7,0	5,2	24,0
35	43	4,8	18,8	7,0	5,2	13,6
		4,6	29,5	7,2	5,2	24,3
		4,8	20,8	7,1	5,2	15,6
1	46	4,7	19,9	7,2	6,6	13,3
		4,6	22,6	7,2	7,5	15,1
		4,8	16,3	6,7	6,1	10,2
14	46	4,7	19,7	7,2	4,5	15,2
		5,1	16,9	7,5	5,0	11,9
		4,6	40,8	7,6	3,9	36,9
24	46	4,8	19,5	7,2	5,2	14,3
		5,0	15,6	7,2	5,4	10,2
		4,8	18,1	7,4	5,2	12,9
28	46	4,9	17,5	7,2	5,2	12,3
		5,4	16,9	7,6	5,4	11,5
		4,6	29,5	7,2	5,9	23,6
3	47	4,7	23,9	7,2	5,0	18,9
		4,8	16,6	7,2	6,1	10,5
		4,6	29,0	7,0	6,4	22,6
30	50	4,7	21 0	7,0	7,6	13,4
		5,2	16,9	6,9	6,6	10,3
		4,9	18,1	7,0	8,2	9,9
31	50	4,8	16,3	7,0	5,9	10,4
		5,0	12,2	7,2	6,1	6,1
20	53	4,6	23,4	7,1	5,9	17,5
		4,7	18,2	7,2	5,9	12,3
43	54	4,6	20,8	7,0	5,9	15,1
		4,8	19,4	7,0	6,7	12,7
		4,5	26,0	7,0	5,2	20,8
5	57	4,8	16,3	6,7	5,4	10,9
		5,2	7,9	6,0	5,2	2,7
		4,8	17,2	7,2	6,1	11,1
11	57	6,5	6,9	7,4	4,5	2,4
		6,0	6,4	7,2	4,2	2,2
		6,7	6,1	7,4	4,5	1,6

Nr.	DMF%	nachher		vorher		Diff.
		pH	Ca mg%	pH	Ca mg%	
36	57	4,9	16,6	7,1	5,4	11,2
		5,0	15,0	7,2	6,4	8,6
		4,8	17,5	7,0	8,2	9,3
2	61	4,6	22,0	6,7	10,5	11,5
		5,0	16,3	6,9	6,1	10,2
		5,1	12,4	7,0	5,0	7,4
49	61	4,6	23,2	7,0	5,1	18,1
		4,8	22,0	7,0	8,0	14,0
7	64	4,8	19,5	7,0	6,6	12,9
		5,2	13,4	7,0	6,6	6,8
		4,7	21,1	7,0	5,4	15,7
23	64	4,8	18,7	7,1	6,4	12,3
		5,0	15,4	6,8	8,2	7,2
		4,8	17,2	7,2	6,4	10,8
16	68	4,6	35,8	7,2	5,0	30,8
		4,8	18,4	7,1	5,4	13,0
		4,8	19,0	7,2	5,2	13,8
15	71	4,7	22,5	7,0	5,9	16,6
		4,8	15,9	7,0	5,9	10,0
		4,8	17,2	6 8	5,9	11,3
45	75	4,8	15,9	7,1	5,2	10,7
		4,8	14,4	7,0	5,4	9,0
42	79	5,2	10,9	7,0	5,7	5,2
		5,3	7,9	6,8	5,9	2,0

Diese Wiederholversuche zeigen, daß die Ergebnisse des SNYDER-Testes bei Untersuchungen über längere Zeiträume hinweg am stärksten schwanken. Über die möglichen Ursachen dieser Schwankungen, denen alle Kariesanfälligkeitsteste unterworfen sind, soll später noch diskutiert werden.

Der FOSDICK-Test, von wenigen Ausnahmen abgesehen, besonders aber die Bestimmung der Pufferkapazität erbrachten ziemlich gleichmäßige Ergebnisse.

Was schon in den Enzelversuchen deutlich zum Ausdruck kam (vergl. Tab. 32 und 33), bestätigte sich eindeutig in den Wiederholungsversuchen, nämlich eine direkte Abhängigkeit der Calcium-Differenz vom pH-Wert.

VII. Diskussion der Ergebnisse

Beim Vergleich der drei Kariesanfälligkeitsteste waren die Ergebnisse des FOSDICK-Testes und der Pufferkapazitätsbestimmung durchaus positiv, und beide zeigten eine gute Übereinstimmung (vergl. die Tabellen 20 bis 24). Dies ist um so höher zu bewerten, als zwischen beiden Versuchen keine causalen Zusammenhänge bestehen, und durch die großen Speichelmengen sicherlich Verdünnungseffekte auftraten, die fließende Übergänge zwischen den drei Gruppen schufen. Letzte sind wahrscheinlich auch mit ein Grund für die zum Teil sich widersprechenden Ergebnisse bei den Wiederholungsversuchen (vergl. Tabellen 39 bis 41).

Der SNYDER-Test dagegen ist nicht so zuverlässig und stichhaltig. Bei einem Vergleich mit der Pufferkapazitätsbestimmung erzielten wir durchaus brauchbare Ergebnisse, wie die Tabellen 37 und 38 zeigen. Da der SNYDER-Test bei den Wiederholungsversuchen die größten Unterschiede aufwies, können die Ergebnisse rein zufälliger Art sein und bedürfen aus diesem Grund einer kritischen Bewertung.

1. Pufferkapazität:

Die Pufferung des Speichels gegen Säuren und gegen Basen ist in den vorliegenden Untersuchungen nicht gleich groß. Wir fanden im stimulierten 10-Uhr-Speichel ein deutliches Überwiegen der Pufferung gegen Säuren. Nur in etwa 13% der Fälle überwog diejenige gegen Basen. Diese Beobachtungen stimmen mit denen von ERICSSON (1949), DREIZEN und Mitarbeiter (1953), BUHS (1959) und HAUCK (1964) überein.

Wie die Tabelle 8 zeigt, fällt die Pufferkapazität mit steigendem DMF-Index zwar ab, doch in Tabelle 9 sind keine signifikanten Unterschiede festzustellen. Anders ist dies bei der Gesamtpufferkapazität. Für sie ergeben sich aus Tabelle 9 deutliche signifikante Unterschiede zwischen den drei Gruppen. Dies deckt sich mit den Ergebnissen von HAUCK, die der Ansicht ist, daß der Reizspeichel bei Berücksichtigung

der Gesamtpufferkapzität durchaus als Testmaterial verwendet werden kann. Dies bestätigen auch unsere Wiederholungsversuche (vergl. Tab. 39), denn die Ergebnisse der Gesamtpufferkapazität waren hier am gleichmäßigsten.

2. Der SNYDER-Test.

Hier variieren die Werte innerhalb der einzelnen, nach fallendem DMF-Index zusammengestellten Gruppen ohne sichtbare Tendenz. Das deckt sich mit den Untersuchungen von NEUHAUS (1961) und MAUCH (1962), die ebenfalls an unserem Institut durchgeführt wurden. Zwar kann man bei oberflächlicher Betrachtung in Tabelle 13 einen Anstieg der Mittelwerte des SNYDER-Testes feststellen, doch konnte dies nicht statistisch gesichert werden.

In seiner Anlage ist der SNYDER-Test nicht schlecht. Man kann sich ja durchaus vorstellen, daß bei einem kariesanfälligen und konservatiev schlecht versorgtem Patienten die Lactobazillen in den kariösen Laesionen ausgezeichnete Lebensbedingungen vorfinden und sich stark vermehren. Es wäre jedoch ein Trugschluß, wollte man einen kausalen Zusammenhang zwischen Kariesgenese und Lactobazillenzahl erkennen.

Eine Fehlerquelle, der übrigens alle Kariesanfälligkeitsteste unterworfen sind, beeinträchtigt das Ergebnis des SNYDER-Testes und aller anderen bakteriologischen Teste in besonderem Maße: Die Verhältnisse, wie sie in der Mundhöhle herrschen, lassen sich nicht reproduzieren. Beim SNYDER-Test werden aber die Lactobazillen unter so ausgeprägten anaeroben Verhältnissen gezüchtet, wie sie in vivo ganz selten vorkommen.

Wenn man den SNYDER-Test mit demjenigen von HADLEY vergleicht, bei welchem ja die Lactobazillen ausgezählt werden, erhält man sicher sehr gut übereinstimmende Ergebnisse. Vielleicht läßt sich so die Veröffentlichung von SNYDER (1940) erklären, denn als er 1960 zusammen mit GARDNER seinen Test mit dem klinischen Bild verglich, stellte er selbst die Unsicherheit seines Testverfahrens fest.

Schließlich darf nicht übersehen werden, daß die Speichelproben und insbesondere die Zusammensetzung der Mikroflora eines Probanden durch exogene Reize beeinflußt werden kann. In erster Linie ist hier an Erkältungskrankheiten und entzündliche Schleimhautaffektionen zu denken.

3. Der FOSDICK-Test

Bei dem von uns modifizierten FOSDICK-Test zeigt sich, daß mit steigendem DMF-Index auch die herausgelösten Calciumwerte (mg%) größer werden (vergl. Tab. 18). Dies ist ein gutes Ergebnis, das auch in Tabelle 19 gesichert werden konnte. Allerdings sind dazu zwei relativ umständliche Calciumbestimmungen notwendig, die sicher verhindern, daß dieser Test vom Zahnarzt in der täglichen Praxis angewendet wird. Obwohl wir das pH nur mit Spezialindikatorpapier von Merck bestimmt haben, war diese Methode doch genau genug, um die Tabellen 29 bis 31 aufstellen zu können. Wir kamen dabei beim Vergleich des pH-Wertes des Speichel-Glucose-Gemisches nach dem Wasserbad und der Calcium-Differenz zu signifikanten Unterschieden zwischen den einzelnen Gruppen (vergl. Tab. 33). Dieses Ergebnis stimmt mit denen von KARSHAN und ROSEBURY (1932), WACH und andere (1943), RAE und CLEGG (1948) sowie mit dem von RICKLES (1952) überein.

Bei den eben genannten Autoren wurde die Schmelzlöslichkeit fast immer durch eine Calciumbestimmung deutlich gemacht. EGGERS LURA (1963) konnte jedoch für die komplexe Lösung des Zahnschmelzes nachweisen, daß sie schon bei einem pH von 7,8 einsetzt, und daß sie theoretisch doppelt so schnell wie die saure Zahnlösung bei dem kritischen pH von 4,8 vor sich gehen kann.

Daß bei den vorliegenden Versuchen die Aussagen der drei Teste nicht immer mit dem klinischen Kariesbefund übereinstimmten, hängt sicher in erster Linie von der Aussagefähigkeit der einmaligen Befunderhebung für Kariesanfälligkeit ab. Letzte kann klinisch nur durch mehrere sorgfältige Beobachtungen über längere Zeitabstände hinweg einigermaßen beurteilt werden.

SNYDER- und FOSDICK-Test sind weitgehend davon abhängig, ob die Karies zur Zeit der Untersuchung floride ist oder nicht. Auch sind beide Teste nicht in der Lage, die Kariesanfälligkeit über einen langen Zeitraum hinweg vorhersagen zu können. Dies gilt wohl aber auch für die Bestimmung der Pufferkapazität und für alle anderen, heute bestehenden Kariesanfälligkeitsteste, da der Organismus forwährend Veränderungen unterworfen ist.

Das Resultat einer einzelnen Untersuchung einer Person kann nicht zur Beurteilung der Kariesaktivität herangezogen werden. Immer sollte man mehrere Wiederholungen durchführen, da durchaus bemerkenswerte Schwankungen bei einer Person auftreten können. Diese Schwankungen der einzelnen Untersuchungen können durch die täglichen Veränderungen der Kariesfaktoren bedingt, oder auf unbekannte Fehlerquellen beim Sammeln des Speichels zurückzuführen sein. Die Veränderungen, die im Speichel vorkommen, muß man sicher als eine Folge der Karies und nicht als ihre Ursache betrachten. Somit könnten wir die "Kariesanfälligkeitsteste" höchstens zur Beurteilung der jeweiligen Kariesaktivität, selten aber zur Bestimmung der Kariesanfälligkeit heranziehen, eben nur dann, wenn beide zufällig zeitlich zusammenfallen.

Als "Kariesanfälligkeitsteste" kann man sowohl die Bestimmung der Pufferkapazität wie auch den FOSDICK-Test verwenden. Beide sind nur geringen individuellen Schwankungen unterworfen, und somit wesentlich stichhaltiger als der SNYDER-Test. Da beim FOSDICK-Test die Verhältnisse der unsauberen Zonen, häufiger Entstehungsort der Karies, sehr gut nachgeahmt wird, ist er für die Erforschung einer gezielten Kariesprophylaxe sehr wertvoll. Er wird also hauptsächlich an Kliniken und Instituten durchgeführt werden, während die Bestimmung der Pufferkapazität leicht und schnell dem Zahnarzt bei der Kariesprophylaxe dienlich sein könnte.

VIII. Zusammenfassung

Der SNYDER-Test, FOSDICK-Test und die Pufferkapazität des menschlichen, stimulierten Speichels wurden bei 50 Personen mit einem Durchschnittsalter von 25 Jahren verglichen. Davon stellten sich 9 Personen zu einer, und 30 zu zwei Wiederholungen zur Verfügung. Folgende Beobachtungen wurden dabei gemacht:

1. Die Ergebnisse des SNYDER-Testes verteilen sich ohne erkennbare Gesetzmäßigkeit über alle drei Gruppen, die nach abfallendem DMF-Index eingeteilt worden sind.

2. Beim FOSDICK-Test bestehen signifikante Unterschiede zwischen der ersten und dritten sowie zwischen der ersten und zweiten Gruppe. Darin zeigt sich die Tendenz dieses Testes, daß die Schmelzlöslichkeit in direktem Verhältnis zur Kariesanfälligkeit steht.

3. Die Bestimmung der Pufferkapazität gegen Säure und der Gesamtpufferkapazität zeigt übereinstimmend mit den bisherigen Erfahrungen deutlich Unterschiede zwischen den drei Gruppen. Je niedriger der DMF-Index, um so höher war die Pufferung gegen Säuren, bzw. die Gesamtpufferkapazität. Dabei waren die Differenzen der Mittelwerte der ersten und dritten Gruppe für die Gesamtpufferkapazität signigikant.

4. Ein Vergleich des SNYDER-Testes mit dem von FOSDICK erbrachte keine Übereinstimmung.

5. Beim Vergleich des FOSDICK-Testes mit der Gesamtpufferkapazität zeigten sich deutliche Unterschiede zwischen den einzelnen Gruppen, die für die erste und dritte Gruppe sogar signifikant waren. Hieraus geht hervor, daß FOSDICK-Test und Pufferkapazitätsbestimmung gut übereinstimmen, und der FOSDICK-Test durchaus als stichhaltig bezeichnet werden kann.

6. Der Vergleich der Gesamtpufferkapazität mit dem SNYDER-Test erbrachte ebenfalls Unterschiede in den Mittelwerten der einzelnen Gruppen. Mit fallender Gesamtpufferkapazität stiegen die SNYDER-Werte an.

7. Bei der Gegenüberstellung des pH-Wertes des Speichel-Glucose-Gemisches nach Inkubation und der Calcium-Differenz in mg% zeigten sich signifikante Unterschiede zwischen allen drei Gruppen. Je niedriger das pH um so höher die Calcium-Differenz.

8. Eine relative Abhängigkeit der Calcium-Differenz von dem pH des Speichel-Glucose-Gemisches nach Inkubation fanden wir auch in den Wiederholungsversuchen.

9. Die Ergebnisse der Gesamtpufferkapazität waren in den Wiederholungsversuchen am gleichmäßigsten.

10. Der durchschnittliche Calciumgehalt des Speichels betrug 5,605 mg%.

11. Der SNYDER-Test ist als Kariesanfälligkeitstest nicht geeignet.

12. Die Bestimmung der Pufferkapazität und der FOSDICK-Test können auf Grund ihrer Stichhaltigkeit als Kariesanfälligkeitsteste angewandt werden.

An dieser Stelle möchte ich mir erlauben,
Herrn Professor Dr. A. Kröncke
für die Überlassung des interessanten
Themas und für Rat und Anleitung zu
dieser Arbeit herzlich zu danken.

IX. Literaturverzeichnis

Becks, H. und Wainwright, W.W.: The Effect of Activation on Salivary Calcium and Phosphorus Content. J. Dent. Res. 20, 637 (1941).

The Effect of Flavored Activators on Saliva Flow and Calcium and Phosphorus Composition. J. Dent. Res. 21, 87 (1942).

Becks, H., Wainwright, W.W. und Young, D.H.: Does Salivary Calcium and Phosphorus Composition Differ Significantly in Caries-Free and Caries-Active Individuals. J. Dent. Res. 20, 171 (1941).

Black, G.V.: Konservierende Zahnheilkunde. Berlin (1914).

Boyd, J.D., Wessels, K.E. und Cheyne, V.D.: The Correlation Between Salivary Lactobacillus Counts And The Rates Of Progression Of Dental Caries. J. Dent. Res. 28, 641 (1949).

Bramstedt, F. und Vonderlinn, R.: Biochemische Speicheluntersuchungen. II. Die Sauerstoffaufnahme des Speichels und ihre Beziehung zur Zahnkaries. Zahnärztl. Welt 7, 505 (1952).

Brown, J.B. und Klotz, N.Y.: Studies on the Chemistry of Mixed Human Saliva. J. Dent. Res. 16, 19 (1937).

Büchner, M.: Moderne chemische Methoden in der Klinik. Leipzig (1961).

Buhs, A.: Zahnkaries, Speichel und Schwangerschaft. Samml. Meusser, Leipzig (1959).

Bunting, R.: Bacteriological, Chemical and Nutritional Studies of Dental Caries by the Michigan Research Group. J. Dent. Res. 14, 97 (1934).

Bunting, R.W. und Palmerlee, F.: The Role of Bacillus Acidophilus in in Dental Caries. J. Amer. Dent. Ass. 12, 381 (1925)

Burril, D.Y.: Changes in Caries Susceptibility with Age and Sex. J. Dent. Res. 22, 367 (1943).

Davies, G.N., Slack, G.L. und Tilden, E.B.: Medium for the differentiation of strongly acidogenic from weakly acidogenic organisms. J. Dent. Res. 27, 149 (1948).

Dewar, M.R.: Laboratory Methods for Assessing Susceptibility to Dental Caries. Dent. J. Australia 22, 24 (1950).

Correlation obtained by Clinical Examination and by Standardized Laboratory Methods. Dent. J. Australia 21, 509 (1949).

Dreizen, S., Reed, A.J. Niedermeyer, W. und Spies, T.D.: Sodium and potassium as constituents of human salivary buffers. J. Dent. Res. 32, 497 (1953).

Eggers-Lura, H.: Die Sauerstoffaufnahme der Speichelmikroflora und ihre Beziehung zur Karies. Dtsch. Zahn-, Mund- und Kiefernhk. 24, 177 (1956).

Recent investigations supporting the non-acid caries theorie. The biochemical properties of the dental plaques and sucrose. Int. Dent. J. 13, 456 (1963).

Enright, J.J., Friesell, H.E. und Trescher, M.O.: Studies of the Cause and Nature of Dental Caries. J. Dent. Res. 12, 759 (1932).

Ericsson, Y.: Odont, Tskr. 58, 455 (1950).

Vortrag 6. Jahrestagung der ORCA Pavia (1959).

Die Beziehungen zwischen Speichel und Karies. Dtsch. Zahnärztl. Zschr. 16, 166 (1961).

Euler, H.: Die Zahnkaries im Lichte vorgeschichtlicher Studien. Berlin (1939).

Florestano, H.J., Faber, J.E. und James, L.H.: Studies on the Relationship Between Diastatic Activity of Saliva and Incidence of Dental Caries. J. Amer. Dent. Ass. 28, 1799, (1941).

Fosdick, L.S.: Carbohydrate Degradation by Mouth Organisms. J. Amer. Dent. Ass. 26, 415 (1939).

Fosdick, L.S. und Campaigne, I.E.E.: Some Chemical Differences between the Saliva of Caries Susceptible Patients and Caries-Immune. J. Amer. Dent. Ass. 26, 954 (1939).

Fosdick, L.S., Hansen, H.L. und Epple, C.: Enamel Decalcification by Mouth Organisms and Dental Caries. J. Amer. Dent. Ass. 24, 1275, (1937).

Froning, F.: Untersuchungen über den Calciumgehalt des Speichels und die Kariesanfälligkeit. Med. Diss. Bonn (1941).

Gardner, M.K. und Snyder, M.L.: Acid Production in Sucrose by Oral Bacteria as Means of Estimating Caries Activity. J. Dent. Res. 39, 320 (1960).

Gustafsson, B.E. und Mitarbeiter: Svensk. Tandläk. Tskr. Suppl. 45, (1952), zit. n. Adolf KRÖNCKE: Freie Zucker im Menschlichen Nüchternspeichel.

Hadley, F.P.: A Quantitave Method for Estimating Bacillus Acidophilus in Saliva. J. Dent. Res. 13, 415 (1933).

Hartles, R.L. und Mc Donald, N.D.: The Metabolism Of The Oral Flora I. The Oxygen Uptake And Acid Production By Mixed Human Saliva In The Presence And Absence Of Glucose. Biochem. J. 47, 60 (1950).

Hatton, E.: Zit. n. BUHS: Zahnkaries, Speichel und Schwangerschaft. Sammlg. Meusser, Leipzig (1959).

Hauck, J.E.: Die Pufferkapazität des Speichels als Kariesanfälligkeitstest unter besonderer Berücksichtigung experimenteller Variationen. Med. Diss. Tübingen (1964).

Hein, G.: Karies und Schwachsinn. Dtsch. Zahnärztl. Zschr. 8, 1165, (1953).

Hofmann, H.-J.: Vergleich der Pufferkapazität und der Atmung des menschlichen Speichels als Kariesanfälligkeitsteste. Med. Diss. Tübingen (1962).

Hollemann, A.F., Wibwerg, E.: Anorganische Chemie. 28. und 29. Aufl., Berlin (1951) Walter de Gruyter und Co.

Jonsgar, S.: Calcium Content of Stimulated and Unstimulated Saliva. J. Dent. Res. 16, 173 (1937).

Jung, K.G.: Untersuchungen über Reizspeichel. Paradentium Heft 1, 2 (1932).

Karshan, M.: Factors in Saliva Correlated with Dental Caries. J. Dent. Res. 15, 383 (1936).

Karshan, M. und Rosebury, Th.: Relationship of pH, Calcium and Phosphorus to Solubility of Enamel. J. Dent. Res. 14, 220 (1934).

Kesel, R.G.: Dental Caries: Etiology, Controle and Activity Tests. J. Amer. Dent. Ass. 30, 25 (1943).

Kirsten, T.: Untersuchungen über die Pufferkapazität des menschlichen Speichels. Med. Diss. Tübingen (1961).

Kothe, J. und Schützmannsky, G.: Vergleichende Untersuchungen zwischen Kariesanfälligkeit und Sauerstoffverbrauch des Speichels und ihre Verwendbarkeit als Kariestest. Dtsch. Zahn-, Mund- und Kieferhk. 27, 347 (1957).

Untersuchungen über die Verläßlichkeit des Sauerstoffverbrauchs im Speichel als Kariestest und seine Verwendbarkeit im Rahmen einer individuellen Kariesprohylaxe. Dtsch. Zahnärztl. Zschr. 14, 184 (1959).

Kröncke, A.: Vortrag 5. ORCA Jahrestagung Pavia (1959).

Ergebnisse und Probleme biochem. Speichelforschung. Dtsch. Zahnärztl. Zschr. 14, 1663 (1959).

Kröncke, A. und Lässig, C.: Amylaseaktivität und Atmung des menschlichen Speichels. Arch. oral. Biol. 5, 31 (1961).

Kröncke, A. und Naujoks, R.: Biochemische Speicheluntersuchungen. V. Weitere Ergebnisse zur Entwicklung eines biochem. Kariestestes. Dtsch. Zahnärztl. Zschr. 8, 71 (1954).

Die Speichelphosphatasen und ihre Beziehung zur Zahnkaries. Verhandlungen der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilk. in München 1952. Dtsch. Zahnärztl. Zschr. 9, 565 (1954).

Lammers, Th. und Hafer, H.: Biologie der Zahnkaries Dr. A. Hüthig Verlag, Heidelberg (1956).

Lilienthal, B.: Analysis of the buffer systems in saliva. J. Dent. Res. 34, 516 (1955).

Lundqvist, C.: Odontol. Revy 3, Suppl. 1 (1952). Zit. nach MAUCH, W.: über die Säureentwicklung des Speichels in vitro. Med. Diss. Tübingen (1962).

Mann, A.W., Dreizen, S., Spies, T.D. und Hunt, F.M.: Comparison of dental caries activity in mal-nourished and wellnourished patients. J. Amer. Dent. Ass. 34, 244 (1947).

Mauch, W.: Über die Säureentwicklung des Speichels in vitro. (Klinisch experimenteller Vergleich des SNYDER- und des RICKLES-Testes). Med. Diss. Tübingen (1962).

Mc Clelland, J.R.: The Influence Of Various Stimuli Upon Human Saliva. Amer. J. Physiol. 63, 127 (1922).

Mc Ilvaine, S.: Wissenschaftl. Tabellen J.R. Geigy A.G. S. 101, Basel (1955).

Meissner, U.: Untersuchungen über die Atmung des menschlichen Nüchternspeichels. Med. Diss. Tübingen (1961).

Miller, W.D.: Die Mikroorganismen der Mundhöhle. Leipzig (1889).

Neuhaus, O.: Vergleich des SNYDER-Testes und der Atmung des menschlichen Speichels als Kariesanfälligkeitsteste. Med. Diss. Tübingen (1961).

Rae, J.J. und Clegg, C.T.: Changes in the calcium and phosphate concentrations of saliva and inorganic salt solutions on shaking with calcium phosphate. J. Dent. Res. 27, 54 (1948).

Rathje, W. und Fröhlich, E.: Über den Zusammenhang von Kariesanfälligkeit, Viskosität und Sekretionsgeschwindigkeit des Speichels. Dtsch. Zahnärztl. Zschr. 4, 959 (1949).

Rathje, W. und Wannenmacher, E.: Die Übersättigung des Speichels in Bezug auf Hydroxylapatit. Dtsch. Zahnärztebl. 8, 8 (1954).

Rickles, N.H.: Estimation of dental caries activity by a new colorimetric test. J. Dent. Res. 31, 467 (1952).

Rogosa, M., Mitchell, I.A. und Wisemann, R.F.: Selective medium for the isolation and enumeration of oral lactobacilli. J. Dent. Res. 12, 682 (1951).

Rost, A.: Speichelverhältnisse und Karies. Dtsch. Stomat. 3, 268 (1953).

Schmitz, E.: Dtsch. Zahn- Mund- und Kieferhk. 10, 106 (1943).

Schneider, M.: Einführung in die Physiologie des Menschen. Springer-Verlag, Berlin-Göttingen-Heidelberg (1964).

Snyder, M.L.: A Simple Colorimetric Method for the Estimation of Lactobacilli in the Saliva. J. Dent. Res. 19, 349 (1940).

Starr, H.E.: Studies Of Mixed Human Saliva. Biol. Chem., Balitmore 54 (1), 43 (1922).

Stemmler, P.: Zit. n. BUHS: Zahnkaries, Speichel und Schwangerschaft. Samml. Meusser, Leipzig (1959).

Sullivan, J.H. und Storvick, C.A.: Statistical interpretation of salivary analyses on 555 school children in two geographic regions in Oregon. J. Dent. Res. 29, 173 (1950).

Toverud, G.: Zit. n. BUHS: Zahnkaries, Speichel und Schwangerschaft. Samml. Meusser, Leipzig (1959).

Turner, N.C., Anders, J.T. und Becker, N.: Thiamine Cl-HCl effect upon acid production and upon dextrinizing time of salivary amylase with corn starch substrate. J.Dent. Res. 36, 343 (1957).

Turner, N.C. und Crane, E.M.: A Relationship between dental caries and saliva. J. Dent. Res. 23, 41 (1944).

Wach, E.C., Kesel, R.G., Hein, M.K. und O'Donnell, J.F.: Testing Caries Activity By Acid Production In Saliva. J. Dent. Res. 22, 415 (1943).

Wah Leung, S.: Demonstration of the inportance of bicarbonate as a salivary buffer. J. Dent. Res. 30, 403 (1951).

Weber, E.: Grundriß der biologischen Statistik. Jena (1956).

Lebenslauf

Am 23. November 1936 wurde ich, Horst-Ingo Offenloch, als Sohn des Technikers Valentin Offenloch und seiner Frau Johanna, geb. Stemmler, in Stuttgart geboren.

Nach Besuch der Grundschule von 1943 ab trat ich im Jahre 1948 in das Leibniz-Gymnasium in Stuttgart-Feuerbach ein und legte 1958 die Reifeprüfung ab.

Im Sommersemester 1958 begann ich das Studium der Zahnheilkunde an der Eberhard-Karls-Universität Tübingen. Dort bestand ich im Oktober 1961 die Zahnärztliche Vorprüfung und im Juni 1964 das Staatsexamen. Alle vorklinischen und klinischen Semester verbrachte ich in Tübingen.

Fotodruck Frau Elly HUTH Tübingen